(54) [Title of the Invention] IMMERSION ALIGNEREXPOSURE APPARATUS

(57) [Abstract]

[Problem] To provide an immersion alignerexposure apparatus that does not cause the degradation of its image forming performance.

[Solution] An immersion alignerexposure apparatus has a projection optical system PL for transfer-printingexposuretransferring of a pattern Pa, written on a reticle R, onto a wafer W. In the immersion aligner exposure apparatus, at least part of working distance L between the wafer and the lens surface Pe closest to the wafer in the projection optical system is filled with a liquid LQ through which exposure light IL passes. The immersion aligner exposure apparatus is so constructed that the working distance will meet the following relation: $L \le \lambda/(0.3 \times |N|)$, where L is the length of the working distance, λ is the wavelength of the exposure light IL, and N (1/°C) is the temperature coefficient of the refractive index of the liquid LQ. In addition, pure water with an additive added in it to reduce the surface tension of the pure water or enhance the interface activity of the pure water is used as the liquid LQ.

[Claims]

[Claim 1] An immersion alignerexposure apparatus, which has a projection optical system for transfer-printingexposure transferring of a pattern, written on a reticle, onto a wafer, and in which at least part of working distance between the wafer and the lens surface closest to the wafer in the projection optical system is filled with a liquid through which exposure light passes, the immersion alignerexposure apparatus characterized in that the working distance will meet the following relation:

 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$

where L is the length of the working distance, λ is the wavelength of the exposure light IL, and N (1/°C) is the temperature coefficient of the refractive index of the liquid LQ.

[Claim 2] An immersion alignerexposure apparatus, which has a projection optical system for transfer-printingexposure-transferring of a pattern, written on a reticle, onto a wafer, and in which at least part of working distance between the wafer and the lens surface closest to the wafer in the projection optical system is filled with a liquid through which exposure light passes, the immersion alignerexposure apparatus characterized in that pure water with an additive added in it to reduce the surface tension of the pure water or enhance the interface activity of the pure water is used as the liquid.

[Claim 3] The immersion aligner exposure apparatus according

to claim 1 or 2, wherein the length L of the working distance is 2 mm or less.

[Claim 4] The immersion aligner exposure apparatus according to claim 1, 2, or 3, wherein the reticle and the wafer are so arranged that they can be scanned synchronously at a constant speed with a speed ratio corresponding to the magnification of the projection optical system.

[Claim 5] The immersion alignerexposure apparatus according to claim 1, 2, 3, or 4, wherein light in the ultraviolet band is used as the exposure light.

[Claim 6] The immersion alignerexposure apparatus according to claim 1, 2, 3, 4 or 5, wherein the optical surface of the front optical element closest to the wafer side in the projection optical system is formed flat, the lower end face of a lens barrel holding the front optical element is formed flush with the optical surface, and the outer circumferential face at the lower end of the lens barrel is chamfered.

[Claim 7] The immersion alignerexposure apparatus according to claim 6, wherein the front optical element is a parallel flat plate.

[Claim 8] The immersion alignerexposure apparatus according to any one of claims 1 through 7, wherein the wafer is held by a holder table, a wall is provided around the perimeter of the upper face of the holder table so that the liquid can be filled in the working distance, a liquid supply unit is provided inside the holder table so that the liquid can

be supplied and recovered, and thermoregulators are provided in both the holder table and the liquid supply unit.

[Claim 9] The immersion alignerexposure apparatus according to any one of claims 1 through 7, wherein the wafer is held by a wafer chuck, a wall is provided around the perimeter of the upper face of the wafer chuck so that the liquid can be filled in the working distance, at least three pins are provided through the wafer chuck, and an elevation driving device is provided to enable the pins to lift up the wafer from the wafer chuck.

[Claim 10] The immersion alignerexposure apparatus according to any one of claims 1 through 7, wherein the wafer is held by a wafer chuck, a wall is provided around the perimeter of the upper face of the wafer chuck so that the liquid can be filled in the working distance, at least three pins are provided through the wafer chuck, and an elevation driving device is so provided that the upper end of the wall of the wafer chuck can be lower than the lower end of the projection optical system.

[Claim 11] The immersion alignerexposure apparatus according to any one of claims 1 through 10, wherein a liquid sealing door is provided in a portion of the wall to freely open or close in order to avoid interference with the lower end part of the projection optical system.

[Claim 12] The immersion alignerexposure apparatus according to any one of claims 1 through 11, wherein a

mirror for an interferometer is attached to the side face of the projection optical system, and protection means is provided for separating a light beam incident on and reflected from the mirror from vapor generated from the liquid.

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention] The present invention relates to an aligner exposure apparatus for printing a pattern, written on a reticle, onto a wafer through a projection optical system, and particularly to an immersion aligner exposure apparatus.

[0002]

[Description of the Prior Art] Spacingclearance between the last or front lens surface of an optical system and an image surface is called working distance. The working distance of a projection optical system in the conventional alignerexposure apparatus or exposure apparatus is filled with air. It is common practice to take a working distance of 10mm or more for some reason such as to include an autofocus optical system. On the other hand, with ever increasing demand for finer patterns to be transferred to a wafer, it is necessary to make the exposure wavelength shorter or increase the numerical aperture. However, since there are restrictions on the types of glass materials that allow light having a short wavelength to pass through, immersion type alignerexposure apparatus have been proposed

in which the working distance is filled with a liquid to increase the numerical aperture and hence make the exposed pattern finer.

[0003] The immersion type alignerexposure apparatus could cause an uneven distribution of refractive indexes due to a temperature distribution of the liquid interposed in the working distance. Therefore, the following techniques have been proposed as measures against the degradation of image forming performance caused by liquid temperature changes: namely, (A) a technique for stabilizing temperature through a liquid temperature stabilizing mechanism as disclosed in FIG. 3 of US Patent No. 4,346,164,or for making temperature uniform using a vibration-agitator mechanism as disclosed in Japanese Patent Laid-Open No. 06-124873; and (B) a technique, as also disclosed in Japanese Patent Laid-Open No. 6-124873, for measuring the temperature or refractive index of the liquid using a liquid temperature monitoring mechanism to feed it back for temperature control.

[0004]

[Problem to be Solved by the Invention] However, since there has been no discussion regarding the degree of temperature stabilization from a practical perspective to implement the technique (A), this technique actually requires high accuracy of temperature control, as will be described below, which is far from practical. On the other hand, it is also hard to say that the technique (B) is effective because what most affects the image forming

performance is the unevenness of temperature. Thus, no conventional techniques for immersion alignerexposure apparatus make direct reference to the restrictions on the optical parameters of the projection optical system such as the working distance, and the immersion technology hardly allows for its peculiarities at present. It is therefore an object of the present invention to provide an immersion alignerexposure apparatus, which makes it easy to control the temperature of a liquid filled in the working distance to prevent the degradation of image forming performance. [0005]

[Means for Solving the Problem] The present invention has been made to solve the above-mentioned problem, that is, to provide an immersion aligner exposure apparatus, which has a projection optical system for transfer-printing exposure-transferring of a pattern, written on a reticle, onto a wafer, and in which at least part of working distance between the wafer and the lens surface closest to the wafer in the projection optical system is filled with a liquid through which exposure light passes, the immersion aligner exposure apparatus characterized in that the working distance meets the following relation:

 $L \le \lambda / (0.3 \times |N|)$

where L is the length of the working distance, λ is the wavelength of the exposure light, and N (1/°C) is the temperature coefficient of the refractive index of the liquid. The immersion aligner exposure apparatus is also

characterized in that the liquid used is pure water with an additive added in it to reduce the surface tension of the pure water or enhance the interface activity of the pure water.

[0006] The following describes the operation of the present invention. If the distance from the glass surface at the tip end of the projection optical system to an imaging plane, that is, if the working distance is L, the width of a temperature distribution of the medium filled in the working distance L is ΔT , the aberration of the imaging wavefront caused by the temperature distribution ΔT is ΔF , and the temperature coefficient of the refractive index of the liquid is N, the following expression (1) is approximately established:

 $\Delta F = L \times |N| \times \Delta T$... (1)

[0007] It is assumed that a temperature distribution of about 0.01°C exists in the temperature distribution ΔT of the medium even though temperature is controlled by all means in order to keep it uniform. Therefore, at least the following imaging wavefront aberration ΔF is considered to exist:

 $\Delta F = L \times |N| \times 0.01^{\circ}C$...(1a)

where N is a value representing the temperature coefficient of the refractive index in a unit of 1/°C.

[0008] The value N of the temperature coefficient of the refractive index varies greatly between liquid and air. For example, for air, $N=-9\times10^{-7}/^{\circ}C$, and for water, $N=8\times10^{-5}/^{\circ}C$,

that is, the difference is almost 100 times. In general, the working distance L of a projection optical system in a reduction projection alignerexposure apparatus is L>10 nm. Even if L=10 nm, the imaging wavefront aberration ΔF becomes as follows:

For air, $\Delta F = 10 \text{mm} \times \left| -9 \times 10^{-7} / ^{\circ} \text{C} \right| \times 0.01 / ^{\circ} \text{C} = 0.09 \text{ nm}$ For water, $\Delta F = 10 \text{mm} \times \left| -8 \times 10^{-5} / ^{\circ} \text{C} \right| \times 0.01 / ^{\circ} \text{C} = 8.0 \text{ nm}$ [0009] Therefore, it is preferable that the imaging wavefront aberration ΔF be generally equal to or less than 1/30 of the exposure wavelength λ , that is, it should meet the following relation:

 $\Delta F \leq \lambda/30$...(2)

For example, when an ArF excimer laser having a wavelength of 193 nm is used as the exposure light, $\Delta F < 6.4$ nm is desirable. In the case of using water as the medium filled in the working distance, if the working distance L is L>10 mm as in the conventional, the generation of imaging wavefront aberration due to the temperature distribution of the medium is too much, resulting in practical difficulties. [0010] From the expressions (1a) and (2), the following expression is obtained:

$$L \le \lambda / (0.3 \times |N|)$$
 ... (3)

Therefore, if the expression (3) is satisfied, an immersion aligner exposure apparatus equipped with a projection optical system that reduces the wavefront aberration caused by the temperature distribution in the immersion liquid to 1/30 or less of the exposure wavelength under the

conditions of feasible temperature stability (temperature distribution) can be obtained. As described above, according to the present invention, an upper limit is set on the length of an optical path to mitigate the requirements for a temperature distribution by paying attention to the fact that the amount of wavefront aberration generated when the exposure light passes through the medium having the temperature distribution depends on the product of the amount of temperature distribution and the length of the optical path in the medium. This makes it possible to put an immersion aligner exposure apparatus to practical use at a feasible level of temperature control of the immersion liquid.

[0011]

[Embodiments of the Invention] The following describes some preferred embodiments of the present invention.

[0012]

[Description of First Embodiment] FIG. 1 shows the overall structure of a projection exposure apparatus or alignerexposure apparatus, according to a first embodiment of the present invention. Here, the projection alignerexposure apparatus is a lens-scanning type projection alignerexposure apparatus, which scans a reticle R and a semiconductor wafer W relative to a reduction projection lens system PL while projecting a circuit pattern on the reticle R to the wafer W through the projection lens system PL having circular image fields

telecentrically formed on both the object side and the image side. In FIG. 1, an illumination system 10 includes an ArF excimer-laser light source (not shown) emitting pulsed light having a wavelength of 193 nm, a beam expander (not shown) for shaping the cross section of the pulsed light from the light source, an optical integrator (not shown) such as a fly-eye lens for producing a secondary light-source image (a collection of plural point sources) from the shaped pulsed light incident on it, a condenser lens system (not shown) for turning the pulsed light from the secondary light-source image into pulsed illumination light having a uniform luminance distribution, a reticle blind (illumination field stop, not shown) for shaping the pulsed illumination light into a rectangular shape elongated in a direction (X direction) perpendicular to the scanning direction (Y direction) during scanning exposure, and a relay optical system (not shown) that cooperates with a condenser lens system 12 and a mirror 14 shown in FIG. 1 to focus the pulsed light IL from the rectangular opening of the reticle blind on an illuminated area AI of a slit or rectangular shape on the reticle R.

[0013] The reticle R is held by vacuum suction (otherwise, by electrostatic suction or machine-rivetingmechanical-fastening) on a reticle stage 16 capable of moving with a large stroke in a one-dimensional direction at a constant speed during scanning exposure. In FIG. 1, the reticle stage 16 is guided to move from side to side (in the Y

direction in FIG. 1) on a column structure 19 of the apparatus body, while it is also guided to move in a direction (X direction) perpendicular to the paper surface of FIG. 1. The coordinate position and minute amount of rotation of the reticle stage 16 on the XY plane are measured sequentially by a laser interferometer system 17 projecting a laser beam to a moving mirror (plane mirror or corner mirror) MRr attached to a portion of the reticle stage 16 and receiving a reflected beam from the moving mirror MRr. Then, a reticle stage controller 20 controls a motor 18, such as a linear motor or voice coil motor, for driving the reticle stage 16 based on the XY coordinate position measured by the interferometer system 17 to control the movement of the reticle stage 16 in both the scanning and non-scanning directions.

[0014] When part of the circuit pattern area on the reticle R is illuminated by the rectangular-shaped pulsed illumination light IL projected through the condenser lens system 12 and the mirror 14, an imaging beam from the pattern in the illuminated area AI is projected and focused on a photosensitive resist layer coated on the surface of the wafer W through the reduction projection lens system PL with a reduction ratio of 1/4. The projection lens system PL is so arranged that its optical axis AX passes through the central points of the circular image fields and is concentric with the optical axes of the illumination system 10 and the condenser lens system 12, respectively. The

projection lens system PL consists of a plurality of lens elements made of two types of glass materials, quartz and fluorite, having high transmittance with respect to ultraviolet light having a wavelength of 193 nm. Fluorite is used primarily to form lens elements having positive power. Further, the air in a lens barrel in which the plurality of lens elements of the projection lens system PL are retained is replaced with nitrogen gas to avoid the absorption by oxygen of the pulsed illumination light having the wavelength of 193nm. The nitrogen-gas replacement is also provided for the optical path from the inside of the illumination system 10 up to the condenser lens system 12 (or the mirror 14) in the same manner.

[0015] The wafer W is held on a holder table WH that draws the back side of the wafer W by suction. A wall LB is provided at a constant height around the entire perimeter of the holder table WH, and the liquid LQ is filled inside the wall LB up to a predetermined depth. The wafer W is held by vacuum suction in a depressed portion on the inner bottom of the holder table WH. Further, an annular auxiliary plate HRS is provided around the inner bottom of the holder table WH to surround the perimeter of the wafer W with a predetermined clearance width. The height of the surface of the auxiliary plate HRS is defined to be approximately equal to the height of the surface of a standard type of wafer W drawn by suction on the holder table WH.

[0016] The auxiliary plate HRS is primarily used as an alternative focus detection surface when the detection point of a focus-leveling sensor is located on the outside of the outer edge of the wafer W. The auxiliary plate HRS can also be used for calibration of an alignment sensor used for relative alignment between a shot area on the wafer W and the circuit pattern on the reticle R, and for calibration of the focus-leveling sensor used when the shot area is scanned and exposed. However, it is preferable to use a dedicated fiducial mark plate provided separately from the auxiliary plate HRS. In this case, the fiducial mark plate is also mounted on the holder table WH in an immersed state to have substantially the same height as the image projection surface of the projection lens system PL, so that the alignment sensor detects various fiducial marks formed on the fiducial mark plate in the immersed state. An example of methods for calibration of system offsets of the focus sensor using the fiducial mark plate on the table is disclosed, for example, in US Patent No. 4,650,983, and an example of calibration methods for various alignment sensors is disclosed, for example, in US Patent No. 5,243,195.

[0017] In the embodiment, as shown in FIG. 1, since the tip end of the projection lens system PL is immersed in the liquid LQ, the projection lens system PL is designed to render at least its tip end waterproof in order to prevent the liquid from leaking into the lens barrel. The lower

face (opposite face to the wafer W) of the front lens element of the projection lens system PL is machined in the shape of a flat surface or a convex surface having an extremely large curvature radius so that the liquid can flow smoothly between the lower face of the lens element and the surface of the wafer W during scanning exposure. Further, in the embodiment, the projection lens system PL is designed, as will be described in detail later, to form its best imaging plane (reticle conjugate plane) in the immersed state at a position about 2-1 mm from the lower face of the front lens element. Therefore, the thickness of the liquid layer formed between the lower face of the front lens element and the surface of the wafer W is also about 2-1 mm, so that not only can the accuracy of temperature control to adjust the temperature of the liquid LQ be relaxed, but an uneven temperature distribution in the liquid layer can also be prevented.

[0018] The holder table WH is mounted on an XY stage 34 in such a manner to enable translational movements (including rough and fine movements in the embodiment) in the Z direction along the optical axis AX of the projection lens PL and fine tilt movements with respect to the XY plane perpendicular to the optical axis AX. The XY stage 34 moves two-dimensionally in the X and Y directions on a base 30. The holder table WH is mounted on the XY stage 34 through three Z-actuators 32A, 32B, and 32C. Each of the actuators 32A-C is a mechanism consisting, for example, of a

combination of a piezoelastic element, a voice coil motor, a DC motor, and a lift cam. When the three Z-actuators are driven in the Z direction by the same amount, the holder table WH can be translated in parallel in the Z direction (focus direction), while when the three Z-actuators is driven in the Z direction by amounts different from one another, the tilt direction and amount of the holder table WH can be adjusted.

[0019] The two-dimensional movement of the XY stage 34 is caused by a drive motor 36, such as a DC motor for rotating a feed screw or a linear motor for generating thrust in a non-contact manner. The drive motor 36 is controlled by a wafer stage controller 35 receiving measured coordinate positions from a laser interferometer 33 for measuring each of X- and Y-positional changes of the reflection surface of a moving mirror MRw fixed to an edge portion of the holder table WH. The overall structure of the XY stage 34 using a linear motor as the drive motor 36 is disclosed, for example, in Japanese Patent Laid-Open No. 8-233964. [0020] In the embodiment, since the working distance of the projection lens PL is so small that the liquid LQ will be filled in a narrow space of about 2-1 mm between the front lens element of the projection lens PL and the wafer W, it is difficult for an obliquely-incident type focus sensor to project a flood projection beam of light obliquely from above onto the wafer surface corresponding to the projection field of the projection lens system PL.

Therefore, in the embodiment, a focus alignment sensor FAD, including an off-axis type focus leveling detection system (having no focus detection point within the projection field of the projection lens system PL) and a mark detection system for detecting alignment marks on the wafer W in an off-axis manner, is arranged as shown in FIG. 1 around the lower end part of the lens barrel of the projection lens system PL.

[0021] The lower faces of an optical elements (lens, glass plate, prism, etc.) attached to the tip of the focus alignment sensor FAD are is placed in the liquid LQ, and an alignment illumination beam and a focus detection beam are emitted from the optical elements to illuminate the surface of the wafer W (or the auxiliary plate HRS) through the liquid LQ. The focus leveling detection system outputs a focus signal Sf corresponding to an error in the position of the surface of the wafer W relative to the best imaging plane. The mark detection system analyzes a photoelectric signal corresponding to the optical characteristics of each mark on the wafer W to output an alignment signal Sa representing the XY position of the mark or the amount of displacement from the position.

[0022] The focus signal Sf and the alignment signal Sa are sent to a main controller 40. Based on the focus signal Sf, the main controller 40 sends the wafer stage controller 35 driving information best suited to each of the three Z-actuators 32A, B, C. The wafer stage controller 35 controls

each of the three Z-actuators 32A, B, C to make focus and tilt adjustments to an actually projected area on the wafer W.

[0023] The main controller 40 also manages the coordinate position of the XY stage 34 based on the alignment signal Sa to align the relative position of the reticle R and the wafer W. Further, when each shot area on the wafer W is scanned and exposed, the main controller 40 performs synchronous control of the reticle stage controller 20 and wafer stage controller 35 so that the reticle R and the wafer W will move in the Y direction at a constant speed with a speed ratio corresponding to the projection magnification of the projection lens system PL.

[0024] Note that, although the focus alignment sensor FAD is provided in FIG. 1 in one location around the tip end of the projection lens system PL, it is preferable that four focus alignment sensors FAD be provided, two in the Y direction and two in the X direction, across the tip end of the projection lens system PL. In addition, a TTR (Through-The-Reticle) type alignment sensor 45 is provided above the reticle R in FIG. 1 to detect alignment marks formed around at the periphery of the reticle R and alignment marks on the wafer W (or fiducial marks on the fiducial mark plate) simultaneously through the projection lens system PL and hence to measure the displacement between the reticle R and displacement signal is then sent from the TTR alignment

sensor 45 to the main controller 40 for use in positioning the reticle stage 16 and the XY stage 34.

[0025] The exposure apparatus or aligner in FIG. 1 performs scanning exposure while moving the XY stage 34 in the Y direction at a constant speed. The following describes the schedule of scan and step movements of the reticle R and the wafer W during the scanning exposure with reference to FIG. 2. In FIG. 2, a front lens group system LGa and a rear lens group system LGb are representative of the projection lens system PL in FIG. 1, and a projection pupil Ep of the projection lens system PL exists between the front lens group system LGa and the rear lens group system LGb. On the reticle R shown in FIG. 2, a circuit pattern area Pa having a diagonal length longer than the diameter of the circular image field on the object side of the projection lens system PL is formed on the inside of a light-shielding zone SB.

[0026] The area Pa on the reticle R is scanned and exposed to a corresponding shot area SAa on the wafer W by scanmoving the reticle R, for example, in a negative direction along the Y axis at a constant speed Vr while scan-moving the wafer W in a positive direction along the Y axis at a constant speed Vw. In this case, as shown in FIG. 2, the area AI of the pulsed illumination light IL illuminating the reticle R is formed in the shape of a slit or rectangle elongated in parallel with the X direction in the area Pa, with both ends in the X direction located on the light-

shielding zone SB.

[0027] A part of the pattern included in the pulsed light illuminated area AI inside the area Pa on the reticle R is formed as an image SI in a corresponding position inside the shot area SAa on the wafer W through the projection lens system PL (the lens systems LGa, LGb). After completion of relative scanning of the pattern area Pa on the reticle R and the shot area SAa on the wafer W, the wafer W is step-moved by a given amount in the Y direction so that it will come to a scanning start position, for example, to a shot area SAb next to the shot area SAa. During this step-movement, the emission of the pulsed illumination light IL is interrupted. Then, the reticle R is moved in the positive direction along the Y axis with respect to the pulsed light illuminated area AI at the constant speed Vr so that another the pattern image in the area Pa on the reticle R will be scanned and exposed to the corresponding shot area SAb on the wafer W while moving the wafer W in the negative direction along the Y axis with respect to the projected image SI at the constant speed Vw, thereby forming an electronic circuit pattern image on the shot area SAb. An example of techniques using pulsed light from an excimer-laser light source for scanning exposure is disclosed, for example, in US Patent No. 4,924,257. [0028] In the projection aligner exposure apparatus shown in FIGS. 1 and 2, when the diagonal length of the circuit pattern area on the reticle R is smaller than the diameter

of the circular image field of the projection lens system PL, the opening shape or size of the reticle blind in the illumination system 10 can be so changed that the shape of the illuminated area AI will coincide with that of the circuit pattern area, enabling the use of the apparatus of FIG. 1 as a step-and-repeat stepper. In this case, the reticle stage 16 and the XY stage 34 stay still relative to each other during exposure of the shot area on the wafer W. However, if the wafer W moves slightly during the exposure, the slight movement can be measured by the laser interferometer system 33. The reticle stage 16 is controlled and moved slightly in order to perform a tracking correction on the reticle R side so that to control the reticle R side to move the reticle stage 16 slightly in order to compensate for the slight displacement of the wafer W with respect to the projection lens system PL is compensated. Further, when the shape or size of the reticle blind is changed, a zoom lens system may be so provided that the pulsed light coming from the light source and reaching the reticle blind will converge on a region corresponding to the adjusted opening size in response to the change in the shape or size of the reticle blind. [0029] As apparent from FIG. 2, since the area of the projected image SI is assumed to have a slit or rectangular shape elongated in the X direction, the embodiment is configured to make the tilt adjustment during scanning exposure exclusively in a rotational direction around the Y

axis, that is, only the rolling direction with respect to the direction of scanning exposure. Of course, if the width of the area of the projected image SI in the scanning direction is large enough to require consideration of the flatness of the wafer surface in the scanning direction, the tilt adjustment will be made in a rotational direction around the X axis, that is, the pitching direction, during scanning exposure.

[0030] The state of the liquid LQ in the holder table WH that is a characteristic feature of the aligner exposure apparatus according to the embodiment will be described below with reference to FIG. 3. FIG. 3 is a partially sectional view from the tip end of the projection lens system PL to the holder table WH. A positive lens element LE1 whose lower face Pe is flat and upper face is convex is fixed at the tip of the projection lens system PL inside the lens barrel. The lower face Pe of the lens element LE1 is so finished that the lower face Pe will be flush with the end face of the tip end of the metallic part of the lens barrel (flush surface finishing), preventing the flow of the liquid LQ from becoming turbulent. An outer corner portion 114, which is a portion to be immersed in the liquid LQ at the tip end of the lens barrel of the projection lens system PL, is chamfered, for example, to have a large curvature as shown in FIG. 3, in order reduce resistance against the flow of the liquid LQ and hence to prevent the generation of an unnecessary vortex or

turbulent flow. Further, a plurality of protruding suction faces 113 are formed in a central portion of the inner bottom of the holder table WH to draw the back face of the wafer W by vacuum suction. Specifically, these suction faces 113 assume the shape of an annular zone consisting of a plurality of annular land portions having about 1 mm in height and concentrically formed with a predetermined pitch in the direction of the radius of the wafer W. Then, a groove is cut at the center of each of the annular land portions, and each of the grooves is connected to piping 112 inside the table WH, and to a vacuum source for vacuum suction.

[0031] In the embodiment, as shown in FIG. 3, the spacing or distance L between the lower face Pe of the lens element LE1 at the tip end of the projection lens system PL and the surface of the wafer W (or the auxiliary plate HRS) is set in the range of about 2-1 mm for the best focus state. Therefore, the depth Hq of the liquid LQ to be filled in the holder table WH can be just two, three, or more times the distance L, and hence the height of the wall LB provided around the holder table WH can be just several to ten mm. Thus, in the embodiment, since the distance L as the working distance of the projection lens system PL is set very small, the total amount of liquid LQ to be filled in the holder table WH can be reduced, thereby making temperature control easy.

[0032] In the embodiment, pure water easy to obtain and

handle is used for the liquid LQ. However, note that a slight percentage of aliphatic additive (liquid), which does not dissolve the resist layer of the wafer W and the influence of which on the optical coating of the lower face Pe of the lens element can be ignored, is added to the pure water to not only reduce the surface tension of the pure water but to enhance the interface activity of the pure water. Methyl alcohol or the like having a refractive index approximately equal to that of the pure water is preferably used as the additive. In such a case, even if the methyl alcohol component in the pure water evaporates to vary its concentration, the total change in the refractive index of the liquid LQ can be minimized.

[0033] The temperature of the liquid LQ is controlled for a target temperature with a constant degree of accuracy. The accuracy of controlling temperature in a relatively easy manner at present is about $\pm 0.01^{\circ}$ C. Based on such temperature-control accuracy, the following considers a realistic immersion projection method. In general, the temperature coefficient N_a of the refractive index of air is about $-9\times10^{-7}/^{\circ}$ C, while the temperature coefficient N_q of the refractive index of water is about $-8\times10^{-5}/^{\circ}$ C. In other words, the temperature coefficient N_q of the refractive index of water is about two orders of magnitude larger than that of air. On the other hand, if the working distance is L, the amount of imaging wavefront aberration ΔF caused by the amount of temperature change (temperature unevenness)

 ΔT in the medium filled in the working distance L is approximately represented as follows:

 $\Delta F = L \bullet |N| \bullet \Delta T$

[0034] Here, if normal projection exposure is carried out without the application of an immersion projection method, the amount of wavefront aberration $\Delta F_{\rm air}$ under such conditions that the working distance L is 10mm and the amount of temperature change ΔT is 0.01°C is as follows: $\Delta F_{\rm air} = L \bullet |Na| \bullet \Delta T \approx 0.09$ nm

On the other hand, the amount of wavefront aberration ΔF_{lq} in the case of applying the immersion projection method is as follows:

 $\Delta F_{1q} = L \bullet | N_q | \bullet \Delta T \approx 8 \text{ nm}$

[0035] In general, it is desirable that the amount of wavefront aberration be about 1/30 through 1/50-1/100 of the wavelength λ used. Therefore, in the case of using the ArF excimer laser, the maximum allowable amount of wavefront aberration ΔF_{max} is defined in the range of 6.43 through 3.86-1.93 nm corresponding to 1/30 through 1/50-1/100 of the wavelength λ generally used, and preferably 1.93 nm or below at 1/100 of the wavelength λ . The heat conductivities of air and water at 0°C are 0.0241 W/mK and 0.561 W/mK, respectively. In other words, water is better heat conductor than air, so that the temperature unevenness in the optical path formed in the water can be reduced compared to that in the air, thereby reducing the fluctuation in the refractive index in the liquid. However,

as shown in the expression (3), if the working distance L is about 10 mm, the amount of wavefront aberration ΔF_{1q} generated is far beyond the allowable amount of wavefront aberration ΔF_{max} even if the amount of temperature change ΔT is 0.01°C.

[0036] It follows from the above consideration that the relationship between the amount of temperature change ΔT after taking into account the amount of allowable wavefront aberration ΔF_{max} and the working distance L is from $\Delta F_{\text{max}} = \lambda/30 \ge L \bullet |N_g| \bullet \Delta T$ to $\Delta F_{\text{max}} = \lambda/100 \ge L \bullet |N_g| \bullet \Delta T$. Assuming that the amount of temperature change ΔT is 0.01°C, the wavelength λ is 193nm, and the amount of change N_{q} in the refractive index of the liquid LQ is -8×10^{-5} /°C, the required working distance (thickness of the liquid layer) L is from 8 mm to 2.4 mm or less. It is desirable that the working distance L be smaller than 2 mm as long as the liquid LQ flows smoothly in the working distance L. Since the embodiment is configured as mentioned above, not only can the temperature control of the liquid LQ be made easy, but the degradation of the projected image induced by a change in wavefront aberration due to a temperature change in the liquid layer can also be prevented, making possible projection exposure of a pattern on the reticle R with an extremely high resolution.

[0037]

[Description of Second Embodiment] Referring next to FIG. 4, a second embodiment of the present invention will be

described. This embodiment shows a temperature control method for the liquid LQ, which is also applicable to the first embodiment, and a method of dealing with the liquid LQ at the time of changing the wafer W. Therefore, components in FIG. 4 common to those in FIGS. 1 and 3 are given the same reference numerals and symbols. In FIG. 4, a plurality of suction faces 113 are formed in a wafer loading portion as a circular depressed portion on the inner bottom of the holder table WH. Then an annular groove 51 used for supply and discharge of the liquid LQ is formed around the circular wafer loading portion. Part of the groove 51 communicates with an external pipe 53 through a passage 52 formed inside the table WH. Further, thermoregulators 50A, 50B such as Peltier elements are embedded directly below the wafer loading portion and the auxiliary plate HRS inside the holder table WH, and temperature sensors are placed in position (preferably at plural positions) on the holder table WH to detect the temperature of the liquid LQ precisely. The thermoregulators 50A, 50B are controlled by a controller 60 in such a manner that the temperature of the liquid LQ detected by the temperature sensors 55 will be kept at a fixed constant value.

[0038] On the other hand, the pipe 53 is connected to a liquid supply unit 64 and a drainage pump 66 through a selector valve 62. The selector valve 62 switches over between a flow path for supplying the liquid LQ from the

liquid supply unit 64 to the pipe 53 and a flow path for returning the liquid LQ from the pipe 53 to the supply unit 64 through the drainage pump 66 in response to an instruction from the controller 60. Inside the supply unit 64, a reserve tank (not shown) capable of reserving the total amount of liquid LQ on the holder table WH, a pump 64A for supplying the liquid LQ from the tank, and a temperature controller 64B for keeping the liquid LQ in the tank including the pump 64A at a constant temperature are provided. In the above-mentioned structure, the operation of the valve 62, the pump 64A, the temperature controller 64B, and the drainage pump 66 are centrally controlled by the controller 60.

[0039] In such a structure, when the wafer W is fed carried to the wafer loading portion of the holder table WH and loaded on the plural suction faces 113 in a pre-aligned state, the wafer is fixed under a reduced pressure through the vacuum suction piping 112 shown in FIG. 3. During this operation, the thermoregulators 50A, 50B continue to be controlled at a target temperature. Then, upon completion of vacuum suction of the wafer W, the selector valve 62 is moved from a closed position to the supply unit 64 side to actuate the pump 64A to fill the temperature-controlled liquid LQ to the inside of the wall LB of the holder table WH by a given amount through the pipe 53, the passage 52, and the groove 51. After that, the selector valve 62 returns to the closed position. Once the exposure of the

wafer W is completed, the selector valve 62 is moved from the closed position to the drainage pump 66 side to actuate the drainage pump 66 to return the liquid LQ on the table WH to the reserve tank in the supply unit 64 through the groove 51 and the pipe 53. The temperature of the liquid LQ returned to the tank is controlled precisely by the temperature controller 64B based on a detection signal from a temperature sensor provided in the reserve tank until the next wafer is ready.

[0040] Thus, according to the embodiment, the temperature of the liquid LQ during immersion exposure is controlled by the thermoregulators 50A, 50B in the holder table WH, while the liquid LQ is recovered into the supply unit 64 during wafer change so that the temperature of the liquid LQ will be controlled in the supply unit 64. This structure has the advantages of making possible wafer change in air and preventing a big temperature change in the liquid LQ. Further, according to the embodiment, even if the temperature of the liquid LQ filled in the holder table WH after wafer change is deviated slightly (e.g., about 0.5°C) from a set temperature, it can reach the set temperature in a relatively short time because the depth of the liquid layer H_q (see FIG. 3) is shallow on the whole, thereby also making it possible to reduce the waiting time until the temperature is stabilized.

[0041]

[Description of Third Embodiment] Referring next to FIG. 5,

a third embodiment will be described. FIG. 5 shows a partial cross section of a holder table WH improved from that of FIG. 3. The holder table WH in this embodiment is divided into two parts, namely a wafer chuck 90 for holding the wafer W and a ZL stage 82 moving in the Z direction for focus leveling and performing tilt movement, in which wafer chuck 90 is placed on the ZL stage 82. The ZL stage 82 is provided on the XY stage 34 through three z actuators 32A, 32C (32B not shown). Like in FIGS. 1, 3, and 4, the wall LB, the auxiliary plate HRS, the piping 112 for vacuum suction, and passages 53A, 53B communicating with the pipe 53 for supply and discharge of the liquid LQ (see FIG. 4) are formed in the chuck 90, respectively. Note here that the passage 53A communicates with the peripheral part of the auxiliary plate HRS inside the wafer chuck 90, while the passage 53B communicates with the downmost part of the wafer loading portion on the inner bottom of the wafer chuck 90. Thus, since the passages for discharging and filling the liquid are formed at two or more positions, it can be quick to take in or out the liquid. [0042] Further, in the embodiment, three through-holes (only two of them shown) 91 are formed in the central portion of the chuck 90, and three center-up pins (only two of them shown) 83 moving up and down through the throughholes 91, respectively, are provided on a vertically movement driving mechanism 85. The vertically movement

driving mechanism 85 is fixed on the side of the XY stage

34. The three center-up pins 83 are to lift up or down the wafer W on the chuck 90 by a given amount from or onto the loading surface during wafer change. When the wafer W is held on the loading surface of the chuck 90 by vacuum suction as shown in FIG. 5, the tip end of each of the center-up pins 83 is located in a position lower than the loading surface of the chuck 90.

[0043] On the other hand, a parallel flat plate CG made of quartz silica glass and fixed perpendicularly to the optical axis AX is attached to the tip end of a sub lensbarrel 80 provided in the tip end of the projection lens system PL used in the embodiment so that the front lens element LE1 (plano-convex lens) will not be immersed in the liquid LQ. In the embodiment, the spacing or distance between the lower face of the parallel flat plate CG and the surface of the wafer W becomes a nominal working distance and is set to 2 mm or less like in the aforementioned embodiments. The attaching surface of the parallel flat plate CG to the sub lens-barrel 80 is waterproofed and nitrogen gas is filled in the sub lens-barrel 80.

[0044] Thus, since the parallel flat plate CG is provided at the tip end of the projection lens system PL, even if the substantial backfocus distance (distance from the front optical element having refractive power to the imaging plane) of the projection lens system PL is about 10 to 15 mm, the working distance L can easily be set to about 1 to

2 mm, enabling the implementation of an immersion projection method with reduced influence of temperature changes in the liquid. Further, the parallel flat plate CG can be retrofitted, part of the surface of the parallel flat plate CG can be polished on the order of a fraction of the wavelength, thus making it easy to correct local slight distortion (or random distortion) in the projected image. In other words, the parallel flat plate CG has both a function as a window to protect the front lens element located at the tip end of the projection lens system PL and a function as a distortion correcting plate. From another point of view, it can be said that the image forming performance of the projection lens system PL including the parallel flat plate CG is certified, that is, the parallel flat plate CG remains is consistently a front lens element located at the tip end of the projection lens system PL. [0045]

[Description of Fourth Embodiment] Referring next to FIG. 6, a fourth embodiment will be described. This embodiment is related to the embodiment shown in FIG. 5 regarding wafer change when the projection optical system having an extremely small working distance is used for an immersion type projection exposure method. In FIG. 6, a reference mirror ML (for X and Y directions) receiving and reflecting a reference beam BSr from the laser interferometer 33 shown in FIG. 1 is fixed in the lower end portion of the lens barrel of the projection lens system PL. In operation, a

length measuring beam BSm from the laser interferometer 33 is projected to a moving mirror MRw fixed to an edge portion of the ZL stage 82 as shown in FIG. 5, and the reflected beam is returned to the laser interferometer 33 so that it will interfere with the reflected beam of the reference beam BSr, thereby measuring the coordinate position of the reflection surface of the moving mirror MRw, that is, the XY coordinate position of the wafer W with reference to the position of the reference mirror ML. In the embodiment, the ZL stage 82 is also mounted on the XY stage 34 through the three Z actuators 32A, 32B (32C not shown) in such a manner that it can move in the Z direction and the tilt direction. Note here that the ZL stage 82 is coupled to the XY stage 34 through leaf springs 84A, 84B (84C not shown) provided at three positions around its perimeter so that it will be supported with extremely high rigidity in the horizontal direction (on the XY plane) with respect to the XY stage 34.

[0046] In the embodiment, the wafer chuck 90 like in FIG. 5 is also provided on the ZL stage 82. A point different from FIG. 5 is that the wafer chuck 90 is configured to move in the Z direction relative to the ZL stage 82 with a relatively large stroke (about 10 to 15 mm) by means of a plurality of Z-direction driving mechanisms 88A, 88B. Unlike the Z actuators 32A, B, C for focus leveling, the driving mechanisms 88A, 88B have only to move the wafer chuck 90 between both ends of the stroke. Therefore, they

can be configured to have a simple elevation function using an air cylinder or link mechanism. Further, in the embodiment of FIG. 6, the center-up pins 83 shown in FIG. 5 are fixed on the XY stage 34 without up and down movement. Then, as shown in FIG. 6, when the wafer chuck 90 is lifted to its upmost position, the surface of the wafer W is located 1 to 2 mm from the surface of the front optical element of the projection lens system PL and the end face of each of the center-up pins 83 is slightly (about 2 to 3 mm) lower than the wafer loading face of the wafer chuck 90. [0047] FIG. 6 shows the above-mentioned structure in a state during exposure of the wafer W. After completion of the exposure operation, the liquid LQ is temporarily discharged from the wafer chuck 90 in the manner as shown in FIG. 4. Then, once the vacuum suction of the wafer chuck 90 is released, the driving mechanisms 88A, 88B are actuated to lift down the wafer chuck 90 from the position in FIG. 6 to its downmost position. This causes the wafer W to be reloaded on the tip end faces of the three center-up pins 83 while positioning the upper end face of the wall LB around the wafer chuck 90 to be lower than the front end surface of the projection lens system PL (the lower face Pe of the lens element LE1 in FIG. 3 or the lower face of the parallel flat plate CG in FIG. 5). In this state, if the XY stage 34 is moved to a wafer change position, the wafer W is drawn out from the position directly below the projection lens system PL and moved toward a transport arm

95. At this time, since the arm 95 is set to be higher than the upper end face of the wall LB of the wafer chuck 90 and lower than the wafer W on the center-up pins 83, it gets into the downside of the wafer W. Then, the arm 90 transports the wafer W toward a predetermined unload position while lifting the wafer W slightly up under vacuum suction. The way of carrying in the wafer W is exactly opposite to the above-mentioned sequence.

[0048] As shown in FIG. 6, when the structure is of the type in which the laser interferometer 33 projects the reference beam BSr to the reference mirror ML for the projection lens system PL, since a pool of liquid LQ spreads out intoover the space directly below the optical path of the reference beam BSr, it is considered that a rise of saturated vapor could cause fluctuation in the optical path of the reference beam BSr. Therefore, in the embodiment, a cover plate 87 is arranged between the optical path of the reference beam BSr and the liquid LQ to block the flow of the rising vapor in order to prevent the fluctuation in the optical path of the reference beam BSr. [0049] In order to more stabilize the optical path of the reference beam BSr, temperature-controlled clean air may be sent in a direction intersecting the optical path over the cover plate 87. In this case, the cover plate 87 also has a function for preventing a direct air blow for airconditioning of the optical path to the liquid LQ, thus reducing unnecessary evaporation of the liquid LQ.

Alternatively, the entire optical path of the reference beam BSr may be covered with a wind-shielding cylinder instead of such a simple cover plate 87.

[0050]

[Description of Fifth Embodiment] Referring next to FIGS. 7(A) and (B), a fifth embodiment will be described. This embodiment shows a combination of the structure of the holder table WH shown in FIG. 1 with a center-up mechanism (pins 83 and z-driving mechanism 85) shown in FIG. 5, that is, it shows an improved structure of the holder table WH for easy wafer change. FIG. 7(B) is a plan view of the improved holder table WH and FIG. 7(A) is a sectional view taken along the line 7A in FIG. 7(B). It is apparent from FIGS. 7(A), (B) that the holder table WH is held on the XY stage 34 through three Z actuators 32A, 32C (32B not shown), and three through-holes 91 are provided in the central portion of the holder table WH. Center-up pins 83 moving up and down by means of a driving part 85 penetrate through the through-holes 91, respectively.

[0051] As described above, the height of the downmost end face of the projection lens system PL is just about 2 mm from the surface of the auxiliary plate HRS (wafer W) in its original state. In addition, the upper end of the wall LB provided around the holder table WH is higher than the downmost end face of the projection lens system PL. Therefore, if the XY stage 34 is moved for wafer change to draw out the wafer from the position directly below the

projection lens system PL, the width of part of the auxiliary plate HRS will have to be about as large as the diameter of the lens barrel of the projection lens system PL, resulting in an increase in the volume of the holder table WH in which the liquid LQ is filled.

[0052] Therefore, in the embodiment, part of the wall LB of the holder table WH is cut or notched to provide a liquid sealing door DB to freely open or close in the notch portion. The liquid sealing door DB is closed to close the notch portion of the wall LB to seal the liquid while the liquid LQ is being filled as shown in FIGS. 7(A), (B). On the other hand, it is open as indicated by the broken line in FIG. 7(A) while the liquid LQ is being discharged from the holder table WH. The liquid sealing door DB is configured to be slightly higher than the surface of the auxiliary plate HRS when it is in the open state. Further, an O ring OL is provided in position on the wall side (including the notch portion of the wall LB) corresponding to the body side of the holder table WH that encounters the inner wall of the liquid sealing door DB to ensure sealing performance as shown in FIG. 7(B).

[0053] In such a structure, when the wafer on the holder table WH is changed for another, the liquid LQ is first discharged from the holder table WH before opening the liquid sealing door DB. Then, the XY stage 34 is moved to the right in FIG. 7 so that the wafer is drawn out from the position directly below the projection lens system PL. At

this time, the projection lens system PL is located above the liquid sealing door DB that has just been opened. Then, the center-up pins 83 are raised to lift up the wafer to a position higher than the wall LB, thus making it easy to replace the wafer.

[0054] According to the embodiment, the diameter of the wall LB surrounding the perimeter of the holder table WH can be minimized to minimize the total amount of liquid LQ to be filled in the holder table WH. This structure has the advantages of making it easy to manage the temperature of the liquid LQ and minimizing the filling and discharging time of the liquid LQ. In the structure of the fourth embodiment, the liquid sealing door does not need providing because the wafer chuck is lifted down, but such a liquid sealing door may also be provided in the fourth embodiment.

[Description of Sixth Embodiment] Next, FIG. 8 shows a sixth embodiment of the present invention. In the embodiment, a lower case 7 and an upper case 8 are used. A wafer holder 3a for loading a wafer 3 is formed on the inner bottom of the lower case 7. The upper face of the lower case 7 is hermetically closed by the bottom surface of the upper case 8, and the total volume of the lower case 7 is fully filled with an immersion liquid 7a. The upper case 8 is also filled with an immersion liquid 8a so that the last or front lens surface 1a of a projection optical system 1 will be immersed in an immersion liquid 8a.

[0056] Part of the immersion liquid 7a in the lower case 7 is guided to a thermoregulator 6 form an outlet 5 provided on one side of the lower case 7 so that the thermoregulator 6 will regulate the temperature of the immersion liquid 7a. The temperature-regulated immersion liquid 7a is then given back to the lower case 7 from an inlet 4 provided on the other side of the lower case 7, thus circulating the immersion liquid 7a. A plurality of temperature sensors (not shown) are placed at plural positions in the lower case 7 so that the thermoregulator 6 will control the temperature of the immersion liquid 7a in the lower case 7 to be kept constant based on the output of the temperature sensors. The same temperature control mechanism is also provided for the immersion liquid 8a in the upper case 8. [0057] In the embodiment, the lower case 7 and the upper case 8 are integrally moved to move the wafer 3. On the other hand, since the immersion liquid in the lower case in which the wafer 3 is housed is hemetrically substantially closed, this structure are advantageous not only because of its temperature stability but also because it can prevent the occurrence of a pressure distribution due to an unnecessary flow such as a vortex in the immersion liquid. In other words, a pressure distribution in the immersion liquid causes a fluctuation in refractive index and hence the deterioration of the imaging wavefront aberration. However, in the sixth embodiment, since only the pressure distribution in the immersion liquid 8a filled in the upper case 8 causes a problem, the optical path in this section L_8 can be formed short enough to mitigate the influence of the flow of the immersion liquid during wafer movement to such a level not to cause any practical problem.

[0058] In the embodiment, the lower case 7 and the upper case 8 are integrally moved, but only the lower case 7 can be moved while fixing the upper case 8. In such a structure, the immersion liquid 8a in the upper case 8 completely stops its flow. Therefore, it is preferable that the working distance L be so set that the thickness L_7 of the immersion liquid 7a in the lower case 7 will be sufficiently thinner than the thickness L_8 of the immersion liquid 8a in the upper case 8.

[0059]

[Description of Alternative Embodiments] Although the embodiments of present invention are described above, since the working distance of the projection lens system during immersion exposure is extremely small, about 1-2 mm, as shown in FIG. 1, the off-axis type focus alignment sensor FAD is used for focusing on the wafer W. Alternatively, a TTL (Through-The-Lens) type focus detection mechanism as disclosed, for example, in US Patent No. 4,801,977 or 4,383,757, may be provided, which projects a focus detection beam onto the wafer through a peripheral part within the projection field of the projection lens system PL to measure the height or tilt of the wafer surface.

[0060] Further, although the focus alignment sensor FAD

shown in FIG. 1 is of an off-axis type that optically detects the alignment marks on the wafer W, this alignment sensor may be of the TTL type that detects the marks on the wafer W through only the projection lens system PL and provided in addition to the TTR alignment sensor 45 in FIG. 1 for detecting the marks on the wafer W through both the reticle R and the projection lens system PL. Furthermore, if the present invention includes a projection optical system for projection exposure under the source of ultraviolet light (having a wavelength of 400 nm or less), it can be applied to any exposure apparatus in the same manner regardless of its structure.

[0061]

[Effects of the Invention] As described above, the present invention provides an immersion exposure apparatus or aligner that can ensure sufficient image forming performance in the range of practically feasible temperature control. The present invention also provides the structure of a wafer stage suitable for loading and unloading a wafer in the immersion aligner exposure apparatus.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] It is a diagram showing the overall structure of a scanning type projection aligner exposure apparatus according to a first embodiment of the present invention.

[FIG. 2] It is a perspective view for schematically explaining a sequence of scanning exposure.

- [FIG. 3] It is a partially sectional view showing a detailed configuration around a projection lens system in FIG. 1.
- [FIG. 4] It is a block diagram schematically showing liquid temperature control and a liquid supply system according to a second embodiment of the present invention.
- [FIG. 5] It is a partially sectional view showing a configuration around a wafer holder and a projection lens system according to a third embodiment of the present invention.
- [FIG. 6] It is a partially sectional view showing a configuration around a wafer holder and a projection lens system according to a fourth embodiment of the present invention.
- [FIG. 7] It includes a sectional view (A) and a plan view (B) showing the structure of a holder table according to a fifth embodiment of the present invention.
- [FIG. 8] It is a schematically sectional view showing the main part of a sixth embodiment of the present invention.

 [Description of Notations]
- 1 ... Projection Optical System 1a ... Last Lens Surface
- 7, 8 ... Case 7a, 8a ... Immersion Liquid
- 3 ... Wafer 3a ... Wafer Holder
- 4 ... Inlet 5 ... Outlet
- 6 ... Thermoregulator L ... Working Distance
- 10 ... Illumination System 12 ... Condenser Lens System
- 14 ... Mirror 16 ... Reticle Stage

```
17 ... Laser Interferometer System 18 ... Motor
19 ... Column Structure 20 ... Reticle Stage Controller
30 ... Base 32A, 32B, 32C ... Actuator
33 ... Laser Interferometer System 34 ... XY Stage
35 ... Wafer Stage Controller 36 ... Drive Motor
40 ... Main Controller 50A, 50B ... Thermoregulator
51 ... Groove 51 52 ... Passage
53 ... Pipe 53A, 53B ...Passage
55 ... Temperature Sensor 60 ... Controller
62 ... Selector Valve 64 ... Liquid Supply Unit
64A ... Pump 64B ... Temperature Controller
66 ... Drainage Pump 66 80 ... Sub Lens-Barrel
82 ... ZL Stage
              83 ... Center-Up Pin
84A, 84B ... Leaf Spring 85 ... Vertically Driving Mechanism
                     88A, 88B ... Drive Mechanism
87 ... Cover Plate
90 ... Wafer Chuck
                     91 ... Through-Hole
95 ... Arm
          112 ... Piping
113 ... Suction Face 114 ... Outer Corner Portion
IL ... Pulsed Illumination Light AI ... Illuminated Area
R ... Reticle Pa ... Circuit Pattern Area
SB ... Light-Shielding Zone PL ... Projection Lens System
AX ... Optical Axis LGa ... Front Lens Group System
LGb ... Rear Lens Group System Ep ... Projection Pupil
LE1 ... Positive Lens Element Pe ... Lower Face
CG ... Parallel Flat Plate W ... Wafer
SAa, SAb ... Shot Area SI ... Projected Image
```

WH ... Holder Table LB ... Wall

JPH10-303114Translation

LQ ... Liquid HRS ... Auxiliary Plate

DB ... Liquid Sealing Door OL ... O Ring

FAD ... Focus Alignment Sensor

MRr, MRw \dots Moving Mirror ML \dots Reference Mirror

BSr ... Reference Beam BSm ... Measuring Beam

Sf ... Focus Signal Sa ... Alignment Signal

4 华 噩 (S) (18) B 本国 存 (1 b)

3 聯 盐 **梅開平10-303114**

(11) 特許出關公開番号

(43)公開日 平成10年(1998)11月13日

• 康 別配号 21/027 5.2.1	F1 H01L 21/30 G03F 7/20 H01L 21/30	515D 521 518
--------------------------------	---	--------------------

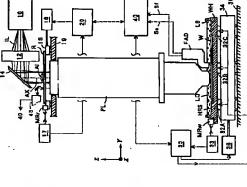
· 審查額次 未醣水 荫水塔の敷12 FD (全 14 頁)

株式会社ニコン 東京都千代田区引の内 3 T目 2 番 3 号 (72) 先明者 年田 一様 東京都千代田区引の内 3 T目 2 番 3 号 東京都千代田区引の内 3 T目 2 番 3 号 株 文会社ニコン内 (72) 発明者 離計 十 東京都千代田区引の内 3 T目 2 番 3 号 株 文会社ニコン内 (74) 代明人 弁理士 潜館 対象	様式会社ニコン 東京都子代田区九の内3丁目2番3号 (72)発明者 年田 一雄 東京都子代田区九の内3丁目2番3号 京会社ニコン内 (72)発明者 課む 若一 東京都子代田区九の内3丁目2番3号 京兵都十二コン内 (74)代理人 神理士 雑館 文章	(21) 出版特号	特 國平9-121757	(71) 出版人 000004112	000004112	
平成9年(1997) 4月23日 (72) 発明者 午田 一様 (72) 発明者 午田 一様 (72) 発明者 午田 一様 成成者千代田区九の内 3 丁目 2 書 3 号 (72) 発明者 課訪 若一 東京都千代田区九の内 3 丁目 2 書 3 号 (74) 代組入 弁理工 遊館 対途	平成9年(1987) 4月22日 (72)発明者 牛田 一様 東京都千代田区九の内3丁目2巻3号 東京都千代田区九の内3丁目2巻3号 (72)発明者 課節 本一 東京都 特一 東京都十代田区九の内3丁目2巻3号 東京都 特一 東京都下代田区九の内3丁目2巻3号 (74)代題人 弁理士 雑館 文章				株式会社ニコン	
森 た田区1.0内3丁目2番3 中 コンカ ー ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	株 代田区九の内3丁目2巻3号 コン内 (大田区九の内3丁目2巻3号 コン内 雑額 近線	(22)出版日	平成9年(1997)4月23日		東京都千代田区九の内3丁目2番3号	
在 B E S 1 D 2 4 3 4 D 2 4 3 4 D 2 4 3 4 D 2 4 3 D 2 4 D 2	在 B E S J D 内 3 T 目 2 春 3 号 L V 内 D C J D D D D D D D D D D D D D D D D D			(72) 発明者	中田 一雄	
- 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1	しい方 					416
 代田区丸の内3丁目2巻3号 コン内 稲旗 克彦	- 大田区式の内3.7日2歳3.4.1.1.2.4.3.4.1.1.2.4.3.4.1.2.4.3.4.1.2.4.3.4.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.3.4.4.4.4.3.4				式会社ニコン内	
代田区九の内3丁田2様3年 コン内 雑額 対線	木田区がの内3丁田2歳3中 11 レム 遊費 対験			(72) 発明者	類故 恭一	
コントを発	コ雑ン競					48
猪鹿	製				式会社にロン内	
				(74) 代理人	猪髓	

被没型處光茲個 (54) [発明の名称]

「雰題」結像性能の劣化を招くことのない被徴型露光数

影光学来のウェハに最も近接したレンズ面Peとウェハ 【解決手段】レチクルR上に描画されたパターンPaを ウエハW上に焼付転写する投影光学系Pしを育し、眩投 Wとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも 一部分を、既光光一しを透過する液体しので摘たした液 漫型腐光装置において、ワーキングディスタンスの長さ をしとし、靍光光!Lの波長をオとし、液体LQの屈折 (O. 3× | N |) となるように形成したことを特徴と また、液体しのとして、純木の表面扱力を減少させ 又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加 率の温度係数をN (1/℃) としたとき、L≦A, したものを用いたことを特徴とする。



3

特関平10-303114

前記ワーキングディスタンスの長さをしとし、前記露光 キングディスタンスのろちの少なくとも一部分を、観光 耐水項1] レチクル上に描画されたパターンをウエハ 上に焼付転写する投影光学系を有し、数投影光学系のウ エハに最も近接したレンズ面と前記ウェハとの間のワー 光を透過する液体で消たした液浸型腐光装置において、 光の液長をスとし、前配液体の屈折率の温度係数をN

となるように形成したことを特徴とする液慢型露光装 L≤1/(0.3×|N|) (1/で) としたとき

請求項2] レチクル上に描画されたパターンをウエハ 前記液体として、純木の表面銀力を減少させ又は杭水の 界面活性度を増大させる添加剤を削配極水に添加したも 上に焼付転写する投影光学系を有し、数投影光学系のウ キングディスタンスのろちの少なへとも一部分を、観光 エハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワー 【錯水項3】前記ワーキングディスタンスの長さしが2 光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、 のを用いたことを特徴とする液浸型露光装置。

四四以下である、開水項1又は2記載の被授型臨光技

「静水項5」前記載光光として紫外域の光を用いた、 助 「翻求項4」前記レチクルとウェハを前記投影光学系の 倍率に対応した速度比にて同期して等速に走査可能に配 置した、請求項1、2又は3記載の液漫型糯光装置。 水項1、2、3又は4記載の液浸型霧光装置

[0002]

株子のウェン国の光学面を平面状に形成し、前部先端光 学素子を保持する銀筒の下端面を前記光学面と同一平面 施した、請求項1、2、3、4又は5記載の液浸型**為光** をなすように形成し、前記織筒の下端外周面に面取りを 【請求項6】前記投影光学系の最もウェハ側の先端光学

【請求項7】前記先編光学案子が平行平板である、請求 項6 記載の液浸型器光装置

てとができるよう に前記ホルダテーブルの 上面外周に 壁 部を立設し、前記ホルダテーブル内に前記液体を供給し 【翡求項8】前記ウエハをホルダテーブルによって保持 ルグテーブルと液体供給ユニットとの双方に温度調整器 を設けた、請求項1~7のいずれか1項記載の液浸型露 且つ回収できるように液体供給ユニットを設け、前配ホ し、前記液体によってワーキングディスタンスを適たす

\$

上方に持ち上げることができるように、前記ピンに昇降 3本のピンを設け、前記ウエハを前記ウエハチャックの 【請求項母】 前記ウエハをウエハチャックによって保持 ことができるように前記ウエハチャックの上面外周に壁 部を立散し、前記ウエハチャックを質通して少なくとも し、

砂部液体によって

ワーキングディスタンスを

遊れず

S

請求項1~7のいずれか1項記 駆動装置を取り付けた、

【請求項10】前配ウエハをウエハチャックによって保 **诗し、前記液体によってワーキングディスタンスを満た** も3 本のピンを敷け、ウエハチャックの前記繋部の上橋 すことができるように前記ウエハチャックの上面外周に 壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくと を前配投影光学系の下錨よりも低くすることができるよ た、請求項1~7のいずれか1項記載の液浸型露光装 ろに、前記ウエハチャックに昇降駆動装置を取り付け ទ

部を敦けることにより、投影光学系の下端部分との干渉 を回避した、請求項1~10のいずれか1項記載の液浸 【讃水項11】前記壁部の一部分に関閉自在な夜密ドア 型露光装置。 【静水項12】前配投影光学系の側面に干渉計用のミラ ーを取り付け、数ミラーに入射して反射する光束を前記 た、 請求項1~11のいずれか1項記載の液浸型露光装 彼体から発する蒸気より離隔するように防護手段を設け

【発明の詳細な説明】

20

[000]

[発明の属する技術分野] 本発明は、レチクル上に描画 されたバターンを投影光学系によってウェハに焼付ける 鬼光芸窟に関し、特に液浸型の露光装置に関する。

されていた。このワーキングディスタンスは、オートフ オーカス光学系を介在させるなどの都合により、10m **ロ以上取るのが普通であった。他方、ウェハに転写する バターンにしいたは、その後組化がますます望まれた** り、そのためには露光波長の短波長化を図るか、あるい は関口数の増大を図る必要がある。しかるに短波長の光 キングディスタンスを液体で満たして開口数の増大を図 ることにより、既光パターンの領細化を図る液浸型の配 **【従来の技術】光学系の最終レンス国と欧国との間の閻** 馬をワーキングディスタンスといろが、従来の臨光装置 の投影光学系のワーキングディスタンスは、空気で満た を透過するガラス材料の種類には限度があるから、ワー 光装置が提案されている。 8

【0003】液没型の萬光装置では、ワーキングディス 分布が生じるおそれがある。そこで液体の温度変化に起 れており、加板撹拌機構によって温度の均一化を図るも のとして、特関平6-124873号公報に関示された 技術が提案されている。また、(い)液体の温度モニタ 因する結像性能の劣化への対策として、次のような技術 が提案されている。すなわち、(あ)液体の温度安定機 一機構によって温度調節にフィードバックするものとし タンスに介在させた液体の温度分布によって、屈折率に 4, 346、164号の図3に開示された技術が提案さ **解によって温度の安定化を図るものとして、米国特許**

て、同じく特隅平6-124873号公報に温度、又は 屈折率を計測することが提案されている。

有効な対策とは言い難い。このように液浸型露光装 現実的とは言いがたい精度での温度コントロールが のについての制約に言及した例はなく、被後型の特殊事 必要になる。また、(い) についても、結像性能に最も 竹が考慮されているとは言えない状況であった。 したが って本発明は、ワーキングディスタンスを溢れす液体の 温度制御を容易にして、結像性能の劣化を招くことのな |発明が解決しようとする課題| しかし (あ) において は、温度をどの程度安定させれば実用上問題ないかと言 置に関する従来公知の技術においては、ワーキングディ スタンスのような投影光学系の光学パラメーターそのも 影響するのが液体の温度不均一であることを考慮する った職論は成されておらず、実際には下配に示すよう い液浸型腐光装置を提供することを課題とする。

するためになされたものであり、すなわち、レチクル上 に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光 さをしとし、観光光の波長を入とし、液体の屈折率の温 、韓盟を解決するための手段」本発明は上記課題を解決 学系を有し、敗投影光学系のウェハに最も近接したレン ズ面とウェハとの間のワーキングディスタンスのうちの 少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした 液液型路光妆器において、ワーキングディスタンスの長 **政係数をN (1/℃)としたとき、** [0005]

松敷: △F=10mm×|-9×10-1/℃|×0、01℃ L≤1/(0, 3×|N|)

=8. Onm

[0009] しかるに一般に結像波面収差△Fは、幕光 改長2の1/30以下が望ましく、すなわち、 ... (2) ΔF≤λ/30

ングディスタンスしがL>10mmでは、媒質の温度分 が成立することが好ましい。例えば改長193nmのA △F<B、4nnが窒ましい。ワーキングディスタンス を満たす媒質が水の場合には、従来技術のようにワーキ 布による結像波面収差の発生量が大きすぎて、実用上間 r F エキシマレーザーを露光光として用いるときには 題を生ずることが分かる。

[0010] (18)式と(2)式とから、 L≤1/(0, 3×|N|) ····(3)

置が得られる。以上のように本発明においては、温度分 布を持った媒質中を露光光が通過することで発生する被 を得る。したがって(3)式を満たすことにより、実現 可能な温度安定性 (温度分布) のもとに、授液中の温度 分布によって生じる波面収差発生量が1億光波長の1/3 0 以下に抑えられた投影光学系を搭載した被授型臨光装

ន

* となるように形成したことを特徴とする被浸型腐光装置 であり、また、前配液体として、純水の表面摂力を減少 させ又は純木の界面活性度を増大させる添加剤を塩水に 添加したものを用いたことを特徴とする被授型露光装置

茶の先端のガラス面から粘像面までの距離、すなわちワ 分布△Tに起因する粘像波面の収差を△Fとし、液体の 【0006】以下に本発明の作用を説明する。投影光学 ーキングディスタンスをしとし、ワーキングディスタン スしを満たす媒質の温度分布の幅を△Tとし、この温度 屈折率の温度係数をNとすると、近似的に以下の式

 $\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \cdots (1)$ (1)が成立する。

0、01で程度の温度分布が存在すると想定される。し 化を図るためにいかにコントロールしようとも、 ΔT= 【0007】媒質の温度分布△Tについては、その均-... (1a) たがって、結像波面収差ムドは、少なくとも、

だけは存在する。ここでNは、屈折率の温度係数を1/ $\Delta F = L \times |N| \times 0.01$ C単位で表した値である。

2

さく異なり、例えば空気ではN=-9×10-7/Cであ 【0008】屈折率の温度係数Nの値は液体と気体で大 り、100倍近い差がある。他方、紹小投影霧光装置の 0 田田であるが、L=10日田であるとしても、結像数 **欧欧光学祭のワーキングディスタンスしは、通常L>1** るのに対して、水の場合はN=-8×10・1/Cであ 町収差△Fは以下のようになる。

木 : △F=10mm×|-8×10-5/で|×0,01℃ =0.09nm

ることに着目し、光路長に上限を設けることにより、温 度分布に対する要求を機和している。これにより実現可 語なフベルとの液液の温度コントロールのもとで、液液 面収差量が、温度分布量と媒質中の光路長の積に依存す 型露光装置を実用に供することができる。

[発明の実施の形態] 以下に本発明に好適ないくっかの [0011]

英施例を説明する。 [0012]

|第1の実施例の説明||図1は、本発明の第1の実施例 による投影靍光装置の全体構成を示し、ここでは、物体 関と像側の両側においてテレセントリックに構成された 円形 4 メージフィールドを有する 縮小投影 レンズ系 PL を介して、レチクルR上の回路パターンを半導体ウェハ W上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影レン X系PL に対して相対走査するレンズ・スキャン方式の 投影電光装置を示す。図1において照明条10は、波長 193n mのバルス光を放射するArFエキシマレーザ

整形するピームエクスパンダ (不図示)、その整形され 光頌 (不図示)、 その光質からのバルス光の断囲形状を たバルス光を入射して2次光弱像(複数の点光弧の集ま テグレータ (不図示)、その2次光顔像からのバルス光 り)を生成するフライ・アイレンズ等のオブチカルイン を均一な照度分布のバルス服明光にする集光レンズ系

示)、及びそのレチクルブラインドの短形状の間口から 形状の照明領域AIとして結像するためのリレー光学系 (不図示)、そのバルス照明光の形状を走査属光時の走 **査方向(Y 方向)と直交した方向(X 方向)に長い矩形 状に整形するレチクルブラインド(照明視野絞り、不図** ミラー14と恊働してレチクルR上にスリット伏又は矩 のパルス光11を図1中のコンデンサーレンズ祭12、 (不図示) とを含んでいる。

ロークで1次元方向に等速移動可能なレチクルステージ にスキャン移動するようにガイドされ、図の紙面と垂直 な方向(X方向)にも移動するようにガイドされる。そ のレチクルステージ16のXY平面内での座標位置や微 小回転量は、レチクルステージ16の一部に取り付ける ピームを投射して、その反射ピームを受光するレーザ干 **巻計システム17によって選次計削される。そしてレチ** クルステージ制御器20は、干渉計システム17によっ て計割されるXY座標位置に基づいてレチクルステージ モータ18を制御し、レチクルステージ18のスキャン [0013]レチクルRは、走査器光時には大きなスト 枯) される。レチクルステージ16は、図1においては れた移動数(平面鏡やコーナーミラー)MR F にレーザ 16を駆動するためのリニアモータやボイスコイル等の **装置本体のコラム構造体19上を図中の左右(Y方向)** 16上に真空吸着(場合によっては静電吸着、機械締 方向の移動と非スキャン方向の移動とを制御する。

| 4から射出された矩形状のパルス展明光 | しがレチク ルR上の回路パターン領域の一部を照射すると、その照 4倍の縮小投影レンズ系PLを通して、ウエハWの表面 して高い透過率を有する石英と蟹石の2種類の時材で作 パワーを持つレンズ素子に使われる。さらに投影レンズ [0014] さて、コンデンサーレンズ系12とミサー **に塗布された懸広性のレジスト層に結像投影される。そ** ルドの中心点を通り、 歴明年10 とコンドンサーレンズ また投影レンズ系PLは、被長193nmの紫外線化対 られた複数枚のレンズ素子で構成され、蟹石は主に正の **ろために弦索ガスに置換されている。このような密索ガ** スペよる国換は顧明来10の内部からコンデンサーレン **ズ系12 (又はミラー14) までの光路に対しても同様** の校別レンズ系PLの光粒AXは、円形人メージンィー **改長193nmのバルス照明光の酸素による吸収を避け** 明領域A 1内に存在するパターンからの結像光束が1/ 来12の各光軸とも同軸になるように配置されている。 采PLの複数枚のレンズ素子を固定する鏡筒の内部は

ウエハWはその裏面を吸着する **存限平10-303114**

れ、この壁部LBの内側には液体LQが所定の深さで微 プレート部HRSは、ウエハW上のショット領域とレチ ホルダテーブルWH上に保持される。このホルダテーブ ルWHの外周部全体には一定の高さで壁部LBが敷けら たされている。そしてウエハWは、ホルダテーブルWH の内底部の窪み部分に真空吸着される。またホルダテー ブルWHの内底部の周辺には、ウエハWの外国を所定の 塩で取り囲むような環状の補助ブレート部HRSが設け は、ホルダテーブルWH上に吸着された標準的なウエハ は、フォーカス・レベリングセンサーの検出点がウェハ Wの外形エッジの外側に位置するような場合の代替のフ **ォーカス検出面として利用されることである。また補助 クルR上の回路パターンとを相対的に位置合わせすると** きに使われるアライメントセンサーのキャリブレーショ ンや、ショット領域を走査臨光するときに使われるフォ ーセス・フィンングセンサーのキャリどフーションにも **兼用可能である。 ただしアライメントセンサーやフォー** なス・フベンングセンケーのキャリンフーションは、補 助ブレート部HRSと個別に設けられた専用の基準マー ク板を使う方が望ましい。この場合、基準マーク板も液 漫状態で投影レンズ系PLの投影像面とほぼ同一の高さ ライメントセンサーは基準マーク板上に形成された各種 のシステム、オフセットをキャリブレーションする方法 の一例は、例えば米国特許4,650、983号に開示 され、名種アシイメントセンサーのキャリンフーション 方法の一例は、例えば米国特許5、243,195号に になるようにホルダテーブルWH上に取り付けられ、ア テーブル上の基準マーク板を使ってフォーカスセンサー Wの表面の高さとほぼ一致するように定められている。 られている。Cの補助ブレート部HRSの数面の商さ の基準マークを液浸状盤で検出することになる。なお、 【0016】この補助ブレート部HRSの主要な機能 開示されている。 20 8

[0017] ところで図1に示した通り、本英施例では 少なくともその先為部は防水加工されて銀筒内に液体が 除み込まないような構造となっている。さらに、投影レ ンズ米PLの先輪のレンズ来子の下面(ウェハWとの対 向面)は平面、又は曲率半径が極めて大きい凸面に加工 され、これにより、走査臨光時にレンズ素子の下面とウ エハWの表面との間で生じる液体LGの流れをスムーズ (レチクル共役国) が、先絡のレンズ繋子の下面から約 **強って、先端のレンズ素子の下面とウェハΨの表面との** これによって液体しのの温度調整の制御精度が緩和され るとともに、その液体層内の温度分布ムラの発生も抑え **なできる。さらに本実施例では、後で詳細に説明する** 段影レンズ来 PLの先雄部を液体 LO内に受けるので が、被没状態における投影レンズ系PLの最良結像面 2~1mmの位置に形成されるように設計されている。 間に形成される液体層の厚みも2~1mm程度になり、 9

ତ

9

アクチュエータ32A, B, Cは、ビエゾ伸縮索子、ボ 来 B L の光軸 A X に沿った Z 方向への並進移動 (本実施 タ32A、32B、32Cを介して取り付けられる。各 イスコイルモータ、DCモータとリフト・カムの組合わ せ機構等で構成される。そして3つの2アクチュエータ を同じ量だけZ方向に駆助させると、ホルダテーブルW Hを2方向(フォーカス方向)に平行移動させることが 方向に駆動させると、ホルダテーブルWHの傾斜(チル [0018]さて、ホルダテーブルWHは、投影レンズ 例では祖移動と俄動)と、光軸AXに垂直なXY平面に 対する傾斜微動とが可能なように、XYステージ34上 に取り付けられる。このXYステージ34はベース定盤 30上をXY方向に2次元移動し、ホルダテーブルWH はXYステージ34上に3つの2方向用のアクチュエー でき、3つの2アクチュエータを互いに異なる量だけ2 ト)方向とその皿とが調整できる。

(0019)また、XYステージ3402次元移動は、 送りネジを回転させるDCモータや非接触に推力を発生 させるリニアモータ等で構成される駆動モータ36Kよって行われる。Cの駆動モータ38の制御は、ホルダテーブルWHの始部に固定された移動観MRwの反射面の X方向、Y方向の各位整変化を計測するレーザ干渉計33から引き間を得し置を人力するレニップデンジ制部署35Kよって行われる。なれ、駆動モータ38をリニアモーをとしたXYステージ34の全体構成としては、例表は特別年8-23384号の会体構成としては、例表は特別年8-23386号の会体表 [0020]まて、本実施例では投影レンズ系PLのフーキングディスタンスが小さく、投影レンズPLの光端のレンズ素子とウェハWとの間の2~1mm程度の狭い 国際に落体LQを消たすことから、斜入射光方式のフォーカスセンサーの投光ビームを投影レンズ系PLの投影性が応したカェン面上に対めに投射することが難しい。このため本実施例では図1に示す値り、オンァケシス方式でウェーカス・レイソング検出系と、オフ・アクシス方式でウェールス・レイリング検出系と、オフ・アクシス方式でウェールス・レイリング検出系と、オフ・アクシス方式でウェールス・アイメント用のフークを検出系とを含むフォーカス・アライメントモンナーとを検出系とを含むフォーカス・アライメントモンナーとを検出系とを含むフォーカス・アライメントモンナーともを検出を含むフォーカス・アライメントモンナーともを検出をときロフォーカス・アライメントモンナーともを検出をして必要

【0021】 このフォーカス、アライメントセンサード A Dの先端に取り付けられた光学業子 (レンズ、ガラス 板、ブリズム等)の下面は、図1 に示すように液体し 中に配置され、その光学繁子からはアライメント用の照明ピームやフォーカス検出用のピームが液体し Qを適してウェハW (又は幅助ブレート部HRS)の表面上に照針される。そしてフォーカス、レベリング検出系はウェハWの表面の最良結像面に対する位置概差に対応したフォーカス・レーク検出系はウェィルス信号S fを出力し、マーク検出系はウェハW上

S

のマークの光学的な特徴に対応した光電信号を解析して、マークの光学的な特徴では位置すれ畳を表すアライメント信号Saを出力する。

[0022]そして以上のフォーカス信号Sfとアライメント信号Sat注前御器40に送出され、主制御器40はフォーカス信号Sfに基づいて3つのスプクチュエータ32A,B,Cの含々を最適に影動するための情報をウエハステージ側回器35に、ウェハW上の実際に投げされるページ側の器35に、ウェハW上の実際に投げされるページ側が開発のフォーカス調整やチルト調整が行われるように、名スアクチュエータ32A,B,Cを細部まえ

[0023]並た主動御器40は、アライメント信号Saに基づいて、レチクルRとウエハWとの相対的な位置関係を整合させるためのXYステージ34の座環位置を管理する。さらに主動御器40は、ウエハW上の各ショット値域を走査電光する際、レチクルRとウエハWとがY方向に役取レンズ系PLの投影倍率と等しい速度比で等速移動するように、レチクルステージ制御器20とウエハステージ制御器35とを回期約留する。

[0024]なお、図1中のフォーカス、アライメントセンサーF ADは投影レンズ系P Lの充端期間辺の1ケ所に対しか破りられていないが、投影レンズ系P Lの方端部間辺の1ケ所に対しな受けてもくのがよい。また図1中のレチクルRの上方には、レチクルRの周辺部に形成されたライメント用のマークとがはないマークを上の基準マークを上の基準マーク)とを投影レンズ系P Lを通して同時に終出して、レチクルR セナルW E O位置がれる循環に計割するT R (スルーザレテクル)方式のアライメントセンサー45が8の位置すれ計測信号は主制御番40に送出され、レチクルステージ16やXソステージ34の位置すれま

[0025]ところで図1の臨光技館は、XYステージ34をY方向に等透移動させて走査魔光を行うものであるが、その走査魔光等のレチクルR、ウェハWのスキャン移動とステップ移動とのスケジュールを図2を参照して約明する。図2において、図1中の投影レンス系PLのは前離レンス系LGaと後群レンス系LGbとの間には、投影レンス系PLの自由医りが存在する。な及2にしたケクルRに、投影レンス系PLの自由医りが存在する。また図2にでは、大多アしの自由医りが存在する。また図2にでしたカール下の直径中はよりも大きな対角長を有する回路がよカール下の直径中低、よりも大きな対角長を有する回路が応防に対しいる。「0026]をしてアクルR上の領域Paは、レチルト移動させつり、ウェハWをY地にのスキャン移場と

定送度V Wでスキャン移動させることによって、ウエハW上の対応したショット領域S A a に左右属形される。 このとき、レチクルRを照明するバルス照明光1Lの領域A 1は、図2 に示すようにレチクル上の領域P a 内で X方向に伸びた平行なスリット状叉は短形状に設定され、そのX方向の両端部は造光帯S B 上に位置する。

ると、ウエハWは例えばショット領域SAaの隣りのシ 一定速度Vrで移動させつつ、ウエハWを投影像SIに [0021]さて、レチクルR上の領域Pa内のバルス 光照明領域AIに含まれる部分パターンは、投影レンズ 系PL (レンズ系LGa、LGb) によってウェハW上 のショット領域SAa内の対応した位置に像SIとして 結像される。そしてレチクルR上のバターン領域Paと ウエハW上のショット領域SAaとの相対走査が完了す **一定量だけ丫方向にステップ移動される。このステップ** に、レチクルRの領域Pa内のパターンの像がウエハW Lのショット領域SAbに走査職光されるように、レチ で、ショット領域SAb上に相子回路のバターン像が形 成される。なお、エキシアワーが光顔からのバルス光を 走査露光に用いる技術の一例は、例えば米国特許4,9 クルRをバルス光照明領域A I に対してY軸の正方向に ョット領域SAbに対する走査開始位置にくるように、 移動の間、バルス照明光11の照射は中断される。次 対してY軸の負方向に一定速度Vwで移動させること 24. 257号に関示されている。

状や大きさを変えて、照明領域A1の形状をその回路バ 相対的に静止伏憊にしておく。しかしながちその臨光中 ハWの険小な位置ずれ分をレチクルR側で追従補正する まれレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変える は、レチクルR上の回路パターン領域の対角長が投影レ い場合、照明系10内のレチクルグラインドの関□の形 ターン領域に合わせると、図1の装置をステップ・アン る。Cの場合、ウェハW上のショット領域を露光してい システム33で計倒して投影レンズ系PLに対するウェ 場合は、隅口形状やサイズの変更に合せて、レチクルブ ンズ系PLの円形イメージフィールドの首径よりも小さ ラインドに達する光濃からのパルス光を調整後の照□に 見合った範囲に集中させるようなズームレンズ茶を設け **る間は、レチクルステージ16とXYステージ34とを** にウエハWが徴動するときは、その微動をレーザ干渉計 よろに、レチクルステージ18を微動制御すればよい。 【0028】とごろで図1、2に示した投影輻光装置 ド・リピート方式のステッパーとして使うことができ

[0029]なお、図2から明らかなように、投影像S 1の頻域はX方向に延びたスリット状又は矩形状に設定されているため、走査幕光中のテルト調整は本実施例ではなられているため、すなわら産産権光の方向に は存ら7軸回りの回転方向、すなわち走査幕光の方向に 対してローリング方向にのみ行われる。もちろん、投影 像S1の領域の走査方向の幅が大きく、ウェハ表面の走

査方向に関するフラットネスの影響を考慮しなけばならないときは、当然にX軸回りの回転方向、すなわちビッチング方向のチルト調整も走査第光中に行われる。

[0030] ここで、本実施例による既光抜置の符徴で 図3を参照して説明する。図3は投影レンズ系PLの先 **値部からホルダテーブルWHまでの部分断面を表す。投** 影レンズ系 P L の鐵筒内の先端には、下面 P e が平面で 上面が凸面の正レンズ索子しE1が固定されている。 C のレンズ素子LE1の下面Peは、鏡筒金物の先端部の **韓面と同一面となるように加工(フラッシュサーフェス** 加工)されており、液体LQの流れが乱れることを抑え ている。さらに投影レンメ系PLの鐵筒先端部で液体し Q内に没かる外周角部114は、例えば図3のように大 きな曲率で画取り加工されており、液体し口の流れに対 また、ホルダテーブルWHの内底部の中央には、ウエハ Wの真面を真空吸着する複数の突出した吸着面113が 形成されてい。この吸着面113は、具体的には100 程度の高さでウェハWの径方向に所定のピッチで同心円 は、テーブルWHの内部で真空吸着用の真空源に接続さ する抵抗を小さくして不要な渦の発生や乱流を抑える。 あるホルダテーブルWH内の液体LQの状態について、 伏に形成された複数の輪帯状ランド部として作られる。 そして各輪帯状ランド部の中央に刻扱された浴の各々 れる配管 112 につながっている。 2

10032] ここで本表的で使う液体し口は、入手が容易で取り扱いが簡単な格水を用いる。ただし本実施的では、液体しの設面強力を減少させるとともに、界面活性力を増大させるために、ウェハマのレジスト層を溶解させず、且つレンズ素子の下面Peの光学コートに対する影響が無視できる脂肪族系の添加剤(液体)をわずかな割合で添加しておく。その添加剤としては、海水とは活等しい周折率を有するメチルアルコールを分析まし、このようにすると、結本中のメチルアルコール成分が蒸発して含有過度が変化しても、液体しの全体としての固新率変化を衝めて小さくできるといった利点が得

【0033】さて、液体LQの温度はある目標温度に対して一定の箱度で制定されるが、現在比較的容易に温度

S

皮面収差変化で生じる投影像の劣化が抑えられ、極めて 高い解像力でレチクルRのパターンを投影露光すること 制御できる精度はエロ、01で程度である。そこでこの ような温調精度のもとでの現実的な液浸投影法を考えて みる。一般に空気の屈折率の温度係数N,は約-9×1 0-1/cであり、木の屈折率の温度係数N。は約-8×

すると、ワーキングディスタンスしを満たす媒質の温度

桁程度も大きい。一方、ワーキングディスタンスをしと 変化(温度むら)量△Tに起因して生じる結像の液面の

10-1/10であり、水の屈折率の温度係数N。の方が2

従って、図4において先の図1,3中の部材と同じもの る。そして円形のウェハ載理部の周辺には、液体し口の して、外部のパイプ53につながれている。またホルダ の実施例にも同様に適用可能な液体しのの温度制御法と には同一の符号をつけてある。さて、図4においてホル タテーブルWHの内底部に円形の凹部として形成された 供給と排出に用いる溝51が環状に形成され、その溝5 1の一部は、テーブルWH内に形成された通路52を介 テーブルWH内のウェン鉄恒部の直下と補助ブレート部 【第2の実施例の説明】次に、本発明の第2の実施例に ついて図4を参照して説明する。本実施例は、先の第1 ウェハWの交換時の液体LQの取り扱い方法とを示す。 ウェハ載置部には複数の吸着面113が形成されてい HRSの直下には、ベルチェ索子等の温度調整器50 a

> [0034] ここで、液浸投影法を適用しない通常の投 **温度変化量△Tを0.01℃としたときの液面収差量△**

差量△Fは近似的に次式で表される。

 $\Delta F = L \cdot |N| \cdot \Delta T$

影靍光の場合、ワーキングディスタンスしを10mm、

また同じワーキングディスタンスLと温度変化量△Tの

ΔF **, = L · | N | · ΔT = 0. 09 nm

F. は以下のようになる。

下で、液浸投影法を適用した場合に得られる波面収益量

A、50Bが埋め込まれ、ホルダテーブルWH上の選当 な位置(望ましくは複数ケ所)には温度センサー5.5が そして温度調整器50A,50Bは、温度センサー55 によって検出される液体し口の温度が一定値になるよう 取り付けられて、液体し口の温度が精密に検出される。 に、郁御翳80によって制御される。 ន

/30ないしは1/50~1/100程度が望ましいと

許容される最大の波面収差置△F...は、入/30ない

[0035] この液面収差量は、一般に使用波長入の1 されているから、ArFエキシマレーザを使った場合に

ΔF₁ = L · | N_• | · ΔT ≒8 nm

△F,は以下のようになる。

[0041]

おいて、バルブ62、ポンブ64A、温潤器64B、排 100381一方、バイブ53は、切り替えバルブ62 を介して、液体供給ユニット64と排出ポンプ66に接 焼されている。切り替えバルブ62は、無質器60から の指令に広答して、液体供給ユニット84からの液体1 Qをパイプ53に供給する流路か、パイプ53からの液 体し 口を排出ポンプ 8 8 を介して供給ユニット 8 4 に戻 す流路かを切り替えるように動作する。また供給ユニッ ト64内には、ホルダテーブルWH上の液体しGの全体 から液体LGを供給するポンプ84Aと、そのポンプ6 4 Aを含めタンク内の液体LQ全体を一定の温度に保つ 温調器64Bとが散けられている。さらに以上の構成に を収容可能なリザーブタンク(不図示)と、このタンク 出ポンプ68の各動作は、制御器80によって統括的に

気中のそれよりも小さくでき、結果的に液体中で発生す

る屈折率の揺らぎも小さくできる。しかしながら、式

(3) に殺したようにワーキングディスタンスしが10 mm程度の場合、温度変化量△Tが0、01°Cであった としても、発生する液面収差量AF1。は許容収差量AF 【0036】そこで以上の考察から、許容波面収差量△

***を大きく越えてしまう。

F.1.を考慮した温度変化量ムTとワーキングディスタ

ンスしとの関係は、

の1、93n四以下に定められる。ところで空気と水の 0.0における各熱伝導率は、空気で0.0241W/m Kとなり、木でO、561W/BKとなり、水の方が祭 伝導が良く、水中に形成される光路内での温度むらは咎

88~1.93n日に定められ、望ましくは7/100

しは1/50~1/100程度の6、43ないしは3

53、通路52、溝51を介してホルダテーブルWHの [0039]さて、このような構成において、ウエハW **イメントされた状態で複数の吸着面1+3上に載置され** 目標となる温度に制御され続けている。そしてウェハ双 ズ位图から供給ユニット64個に切り替わり、 温度調整 された液体LQがポンプ64Aの作動によって、パイプ 盤部LBの内部に一定量だけ注入されて、切り替えバル がホルダテーブルWHの載置部上に鍛送され、ブリアラ ると、図3 に示した真空吸着用の配管 1 1 2 を介して模 の真空吸着が完了すると、切り替えパルブ62がクロー 圧固定される。この間、温度調整器50A, 50Bは、 各

> 彼長 3 を 193 nm、そして液体 L Gの固折率変化 キングディスタンス (液体圏の厚み) Lは、8 mmない

量N。を−8×10·′/℃とすると、必要とされるワー

となる。ここで、想定される温度変化量△丁を0.01

 $\Delta F_{\bullet,\bullet} = \lambda / 100 \ge L \cdot IN_{\bullet} I \cdot \Delta T$ ΔF...= λ/302L · | N. | · ΔT

施例のように構成することにより、液体LQの温度制御 が容易になるとともに、液体層内の温度変化に起因した

しは2、4mm以下となる。望ましくは、そのワーキン ゲディスタンスしを液体L Qがスムーズに流れる範囲内 で2mmよりも小さくした方がよい。以上のように本実

る路光が完了すると、直ちに切り替えバルブ62がクロ ブ62がクローズ位置に戻る。その後、ウエハWに対す ーズ位置から排出ポンプ66側に切り替わり、排出ポン 1、パイプ53を介して供給ユニット64のリザーブタ 基づいて、次のウェハが準備できるまで組御器64Bに ブ6 6の作動によってテーブルWH上の液体LGが構ち は、リザーブタンク内の温度センサーからの検出信号に ンク内に戻される。そのタンク内に戻された液体しの よって精密に温度制御される。

[0040] このように本実施例によれば、液浸露光中 液体LGを供給ユニット84内に回収して温度制御する ようにしたので、ウェハ交換が大気中で可能になるとと もに、液体LOの大きな温度変化を防止できると云った ホルダテーブルWHに注入される液体LOは、たとえ設 浅いために比較的早く設定温度に到達し得るから、温度 50Bによって温度制御され、ウェハ交換動作中は 利点がある。さらに本実施例によれば、ウエハ交換後に 定温度に対して僅か(例えばO.5°C程度)に異なって いたとしても、液体層の深さ出り(図3参照)が総じて の液体LQはホルダテーブルWH内の温度調整器50 安定を待つ時間も短縮され得る。

を参照して説明する。図5は先の図3の構成を改良した ホルダテーブルWHの部分断面を表し、この実施例のホ いる。そしてZLステーシ82は、3つのZアクチュエ -タ32A, 32C (32Bは省略)を介して、XYス S、真空吸着用の配管112、液体し口の供給、排出用 3 Bがそれぞれ形成されている。ただし、通路53 Aは 0内底部のウェハ栽園部の最も低い部分につながってい る。このようにウェハチャック90内の複数ケ所に液体 ク90と、フォーカス・フベリングのためのZ 方位移動 図1、3、4と阿泰に、劉郎LB、補助プレート部HR のパイプ53 (図4参照) に接続される通路53A, 5 ウエハチャック90内部の補助ブレート部HRSの周辺 部分につながっており、通路53Bはウェハチャック9 排出、注入用の通路を形成しておくと、液体の出し入れ [第3の実施例の説明]次に第3の実施例について図5 ルダテーブルWHは、ウエハWを保持するウエハチャッ 2Lステージ82上にウエハチャック90が截置されて テージ34上に設けられる。そしてチャック90には、 **ムチルト移動を行う2Lステージ82とに別れており、** が迅速に行われる。

のセンターアップピン83が、上下助服動機構85の上 に設けられている。この上下動臨動整備85は、XYス を貧囹面から一定量だけ持ち上げたり、ウエハWを載置 [0042] さらに本実施例では、チャック90の中央 部に3つ (2つのみ図示) の貫通孔91が形成され、こ テージ34例に固定される。その3つのセンターアップ ピン83は、ウエハ交換時にチャック90上のウエハW の質通孔

9 1 を通って上下助する

3 つ (2 つのみ図示)

A. 32B (32Cは省略)を介してXYステージ34

ន

8

<u> 国上に下ろしたりするためのものであり、ウェハWがチ</u> +ック90の裁置面に真空吸着された状態では、図5に 示すようにセンターアップビン83の先端面は、チャッ ク90の戦闘面よりも下がった位置に設定される。

[0043] 一方、本実施例で使用する投影レンズ祭P Lの先楹部には、サブ観筒 8 0 の先始に光軸A X と垂直 に固定された石英の平行平板CGが取り付けられ、した がって先結のレンズ繋子LE1(平凸レンズ)が液体し では、この平行平板CGの下面とウェハWの表面との間 隔が、見かけ上のワーキングディスタンスとなり、先の 実施例と同様に 2 mm以下に設定される。 またサブ鐵筒 80の平行平板CGとの取付け面は防水加工され、サン Qに浸かることがないように構成されている。本実施例 資簡80の内部には窒素ガスが充填されている。 ន

で、平行平板CGが投影レンズ系PLの最先端の光学索 【0044】このように投影レンズ然PLの先輩に平行 平板CGを設けるようにすると、投影レンズ系PLの実 質的なバックフォーカス距離(屈折力を持つ先绌の光学 表子から像面までの距離)が10~15mm程度であっ ても、容易KワーキングディスタンスLを1~2mm程 度にして液体の温度変化の影響を低減させた液浸投影法 とができるから、平行平板CGの表面の一部分を彼長の 数分の1程度のオーダーで研磨することにより、投影像 内で生じている局所的な俄少壺曲収差(あるいはランダ なる。すなわち、平行平板CGは投影レンズ系PLの最 ることになる。なお、別の見方をすれば平行平板CGを 含めて投影レンズ系PLの結像性能が保証されているの が実現できる。また、平行平板CGは後付けで設けるC ムなディストーション)を容易に修正することが可能と と、ディストーション補正板としての機能とを兼ね備え **先婦のレンス終子を液体から保護する欲としての複説** 子であることに変わりはない。 2

[0045]

[第4の実施例の説明] 次に本発明の第4の実施例につ いて図6を参照して説明する。本実施例は、先の図5に 示した実施例とも関連し、ワーキングディスタンスを極 めて小さくした投影光学系を液浸投影露光法に使用した 段影レンズ系PLの鎖筒の下端部には、図1に示したレ する参照ミラーML(X方向用とY方向用)が固定され たいる。 そしてフーザド海軒33からの遊長用パームB Smは、先の図5に示したようなZLステーシ82の鑑 部に固定された移動鎖MR wに投射され、その反射ビー 4はレーザ干渉計35C戻り、参照用ビームBSrの反 すなわちウエハWのX, Y方向の座標位置が、参照ミラ -MLを基準として計削される。さて、本英施例におい ーザ干渉計33かちの容照用ビームBSrを受けて反射 ても、21ステーシ82は3つの2アクチュエータ32 場合のウエハ交換に関するものである。図8において、 甘ビームと干渉して移動線MRwの反射面の座標位置

上に取り付けられ、2方向とチルト方向とに移動可能と なっている。ただし、2Lステージ82は、その周辺の 3ケ所で板パネ84A、84B(84Cは省略)を介し てXYステージ34と結合され、XYステージ34に対 する水平方向(XY面内)の関性が極めて大きくなるよ

駆動機様88A、88Bは、フォーカス・レベリングの して図6のようにウエハチャック90 が最も上昇した状 方向の駆動機構88A、88Bによって比較的に大きな に対して2方向に移動する構成にしたことである。この だけでよく、エア・シリンダやリンク機構等を使った簡 テージ34上に上下動することなく固定されている。そ 飽では、ウェハWの表面が投影レンズ系PLの先端の光 ップピン83の先韓回はウエハチャック80のウエハ鉄 図5と異なる点は、ウエハチャック90を複数の2 ストローク (10~15mm程度) で2Lステージ82 ための2アクチュエータ32A, B、Cと異なり、ウエ ハチャック90をそのストロークの両指面で移動させる 単なエレベーション機能たよい。さらに図6の実施例だ 先の図5に示したセンターアップピン83がXYス 学素子の固から1~2mm程度に数定され、センターア 留面よりもわずかに下側(2~3mm程度)に下がって [0046]そして本実施例でも、先の図5と同様のウ エハチャック90が2しステージ82上に設けられる

後、ウエハチャック80の真空吸着が解除されると、駆 載せ替えられるとともに、ウエハチャック90周辺の壁 [0047]以上のような構成で、図8ほウェハ収に対 と先の図4に示した液体し口の排出操作によってウェハ れて、搬送用のアーム95の方に移動する。このときア の下側に入り込む。それからアーム90はウエハWを上 ンロード位置に向けてウエハWを搬送する。ウエハWの する腐光動作時の状態を表し、その腐光動作が完了する 動機構88A、88Bを作動させてウエハチャック90 を図6の位置から最も下にダウンさせる。 これによって ウェハWは3つのセンターアップピン83の先缢面上に 部LBの上端面が投影レンズ系PLの先端面(図3中で はレンズ素子しE1の下面Pe、図5中では平行平板C Gの下面)よりも低くなるように位置決めされる。その **状態でXYステージ34をウエハ交換位置まで移動させ** ると、ウェハWは枚影レンズ系PLの直下から引き出さ **一ム95は、ウエハチャック90の監部LBの上権団よ** りは高く、且つセンターアップピン83上のウエハWよ りは低くなるような高さに設定された状態で、ウエハW 方向にわずかに持ち上げつつ真空吸着を行い、所定のア チャック90上の液体し口を一時的に排出する。その 観入は、以上のシーケンスとは全く逆に行われる。

ラーMLに投射するような方式の場合、参照ピームBS [0048]ところで図6に示したように、レーガ干渉 計33が参照ビームBSrを投影レンズ系PLの参照ミ

カ、その液体LQの飽和蒸気の上昇によって参照ビーム BSrの光路に揺らぎを与えることが考えられる。そこ で本実施例では、参照ピームBSェの光路と液体LOと の間にカバー板87を配置し、液体LQから上昇する蒸 気流を退断して参照ビームBSrの光路で発生する描ら r の光路の直下に液体LQのブールが広がっているた

[0049]なお、カバー板87の上部空間には、参照 ピームBS1の光路をより安定にするために、光路と交 差する方向に温度制御された清浄な空気を送風してもよ い。この場合、カバー板87は光路空間用の空気が直接 液体しのに吹き付けられることを防止する機能も備える ことになり、液体LOの不要な蒸発を低減させることが できる。また、単なるカバー板87に代えて、参照ビー 4BSrの光路全体を遊風筒で雇う構成にしてもよい。 0050]

第5の実施例の説明】次に本発明の第5の実施例を図 (A)、(B)を参照して説明する。本実描例は先の 図1に示したホルダテーブルWHの構造に、図5に示し たセンターアップ機構(ピン83、2駆動部85)を組 合わせたものであり、ウエハ交換を簡単にするようにホ ルダテーブルWHを改良したものである。そして図7

(B) はその改良されたホルダテーブルWHの平面を表 f. その図7 (A), (B)から分かるように、ホルダ テーブルWHは、XYステージ34上に3つのZアクチ コエータ32A、32C (32Bは省略)を介して保持 され、ホルダテーブルWHの中央付近には3つの質通孔 [0051]先にも説明したように、投影レンズ系PL の最下婚面の高さは、そのままでは補助プレート部日氏 91が設けられている。この質通孔91には、駆動部8 5によって上下助するセンターアップピン83が通る。 し、図7 (A)は図7 (B)中の7A矢視の断面を表

い、さらにホルダテーブルWHの周辺に設けられた壁部 従って、ウエハ交換のためにそのままXYステージ34 を移動させて投影レンズ系PLの直下からウェハを引き 出すように構成した場合、補助ブレート部HRSの一部 分の幅が投影レンズ系PLの鏡筒の直径寸法程度必要と なり、液体しのが注入されるホルダテーブルWHの内容 し日の上端は投影レンズ系やしの最下端面よりも高い。 S(ウェハW)の表面から2回回程度しか離れていな 頃を大きくすることになる。

2間間自在な被密ドア部DBを敷けた。この液密ドア部 [0052] そこで本実施例では、図7に示すようにホ ルダテーブルWHの聲部LBの一部を切り欠いて、そこ DBは、液体LOが往入されている間は常に図7

(A), (B)のように監御LBの切り欠き部を被密状 盤で間じており、液体しのがホルダテーブル収H上から 非出されると、図7 (A) 中の破壊のように開くように なっている。その液色ドア部DBは、開いた状態では補 助プレート部HRSの表面の高さよりも若干低くなるよ

りに散定されている。また液管ドア部DBの内壁と接す るホルダテーブルW H本体側の壁部分(壁部118の切り 欠き部等)には、図7(B)のように被密性を確実にす 30 リングOLが適宜の位置に設けられている。

させると、ウエハは投影レンズ系PLの直下から引き出 されることになる。このとき、投影レンズ系PLは丁度 聞いた液密ドア部DBの上方空間に位置する。それから センターアップピン83を上昇させてウエハを壁部LB ルW.H内の液体LQを排出してから、液密ドア部DBを 聞く。その後、XYステージ34を図7中で右回に移動 よりも高く持ち上げれば、ウエハは容易に交換すること [0053]以上のような構成において、ホルダテーブ NWH上のウエハを交換する場合は、まずホルダテープ

周囲を取り囲む壁部LBの直径を最小にすることが可能 となり、ホルダテーブルWH内に満たされる液体し口の 度管理が容易になるだけでなく、液体し口の注入排出時 間も最小になるといった利点がある。なね、前記第4の 実施例の構成のときには、ウエハチャックが下降するか 5特に液密ドナ部を設ける必要はないが、第4の実施例 [0054] 本実施例によれば、ホルダテーブルWHの 絵量を最小限に抑えることが可能となり、液体LGの温 の構成において、なおも液密ドア部を設けても良い。

[0055]

る。他方上部容器8にも浸液8aが満たされており、そ [第8の実施例の説明] 次に図8は本発明の第8の実施 例を示し、この実施例では下部容器7と上部容器8を用 **都容器7の内面底部に形成されており、下部容器7の上** の没液8 a内に牧影光学系1の最終レンズ面1 aが没さ いている。ウエハ3を銃魔するウエハホルダー38は下 面は上部容器8の底面によって密閉されており、下部容 器7の全容積は浸液7aによって完全に適たされてい

阿璐 6 は 個質 センサーから 0 出力 に 基 クット、 下 部 谷 時 [0056] 下部容器7内の浸液78の一部分は、下部 容器 1の一個面に設けた排出口5より温度調節器6に導 部容器7の他側面に設けた往入口4より下部容器7に戻 るように循環している。下部容器7内の複数箇所には温 取カンナー(図示社が)が取り付けられたおり、過度調 かれ、温度調節器6において温度調節を受けた後に、下 る。また上部容器8内の浸液8aについても、固様の温 7内の没液78の温度が一定となるように制御してい 度質節機構が設けられている。

容器8を一体として移動することにより、ウエハ3を移 の協らぎとなり結像液面収差悪化の要因となるが、この [0057] この実施例においては、下部容器7と上部 動している。他方、ウエハ3を収容した下部容器内の授 液は実質的に密閉されているから、 温度安定性の点で有 利であるだけでなく、没液中の過等の流れによる圧力分 布も発生しない。すなわち浸液中の圧力分布は、屈折率

特開平10-303114

9

第6の実施例において圧力分布が問題になるのは、上部 容器8に潰たされた没液88のみで、この部分の光路し **夜流れの影響を実用上問題にならないレベルまで緩和す** を充分に短く形成することにより、ウェハ移動時の漫 ることが出来る。 [0058]なお本実施例では下部容器7と上部容器8 は、上部容器8内の浸液8gは完全に停止することにな 部谷4番8内の没液8mの厚さし。よりも、下部容器7内 の漫液7 8の厚さし,の方を十分に薄く形成することが を一体として移動したが、下部容器1のみを移動し、 部容器8 を固定することもできる。この構成のときに る。したがってワーキングディスタンスしのうちで、 なせいい。 10

[0059]

とした。しかしながち、例えば米国特許4,801,9 「その他の変形例の説明」以上、本発明の各実施例を説 明したが、先の図1に示したように液浸投影露光時のワ - キングディスタンスは 1~2mm程度と極めて小さい ため、ウエハWに対する焦点合せはオフ・アクシス方式 のフォーカス・アライメントセンサーFADを使うもの 77号、米国特許4,383、757号等に関示されて いるように、投影レンズ系PLの投影視野内の周辺部を 介してフォーカス校出用のピームをウェハ上に投射して ウェハ表面の高さ位置又は傾きを計測するTTL(スル ーザレンズ)方式のフィーカス校出磁構を設けてもよ 20

TL方式のアライメントセンサーとしてもよい。さらに [0080]また、図1に示したフォーカス・アライメ ントセンサーFADは、オフ・アクシス方式でウェハW 上のアライメントマークを光学的に検出するものとした が、COアシイメントカンサーもフチクルRら被形フン ズ系PLとを通してウエハW上のマークを検出する図1 中のTTRアサイメントカンサー45の句に、故影フン ズ系Pしのみを通してウエハW上のマークを被出するT 本発明は、紫外線域(被長400mm以下)のもとで投 影臨光する投影光学系を備えていれば、どのような構成 の腐光装置であっても全く同様に適用し得る。

[発明の効果] 以上のように本発明により、実現可能な 温度コントロールの範囲内で、充分な結像性能が保証さ れた液便型の腐光装置が提供された。また、液便型腐光 装置におけるウエハのローディングとアンローディング に適したウエハステージの構造も提供された。 00613 4

[図1] 本発明の第1の実施例による走査型の投影電光 【図面の簡単な説明】

「図2] 走査電光のシーケンスを模式的に説明するため 英置の全体的な構成を示す図である。

[図3] 図1中の投影レンズ系付近の群相な構成を示す 部分断面図である。 ន

特閲 平10-303114	[図2]		3 1
(42)	(図)	2	LB 114 HS 114 HS 111 Pa

88A, 88B.-₩

87…カバー板

10

島極構

84A. 84B…板パネ

83...センターアッ 85…上下的配動機

64…液体供給ユニ

62…切り替えバルブ

*55…値反センナー

[図4] 本発明の第2の実施例による液体の温度制御と

[図5] 本発明の第3の実施例によるウエハホルダーと [図8] 本発明の第4の実施例によるウエハホルダーと

投影レンス系付近の構造を示す部分断面図である。 投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

液体供給システムとを模式的に示すプロック図である。

母母婦…09

6 4 B…温霜器

80…サブ超額

66…様田ボンブ66

04A…ポンプ

82...2127-3

[図7] 本発明の第5の実施例によるホルダテーブルの [図8] 本発明の第6の実施例の要部を示す概略断面図

構造を示す(A)断面図と、(B)平面図である。

特期平10-303114

3

LGa…前群レンズ

E p …射出監

LGb…後群レンズ系

16…レチクルステ

14…ミラー

HRS…補助/レー

S 1 …投影像 Pe…下面

SAa、SAb…ショット領域

20…レチクルステ 32A, 32B, 3

18…モータ

17…フーザー波撃システム

19…コラム権遺体 30…ペース記録

CG…平行平板

WH…ホルダテーブル

10…液体

验

LB…提聯 W... 711

Sa…アライメント BS田…敷長用レー

[8⊠ [⊠8]

80

[図4]

ML…参照ミラー

0L--012#

FAD ... フォーカス・アライメントセンサー

DB…液密ドア部

34…XYステージ

33…レーザ干渉軒システム 35…ウェハステージ制御器

20-77741-9

36…脱魁化一夕

MRr. MRw···移動線

50A. 50B…福 30

40…主制御器

度調整器

53A, 53B…通

53 ... パイプ 51…第51

52…通路

BS r…参照用ビーム Sf…フォーカス信号

P 8…回路パターン PL…投影レンズ系

A I ···照明領域

| L…バルス照明光

R…レチクル

領域

L…ワーキングディ

6…温度調節器

4…徒入口 3…ウエハ

5 … 好出口

A X…光軸

12…コンドンサー

10…照明系

フンズボ

スタンス

2

113…吸着面

38…ウエハホルダ

95...7-4

114…外周角部

9 1 …質通孔 112…配管

90…ウエハチャック

1 a … 最終レンズ面

1…投影光学系

[符号の説明] 7、8…容器

7a.8a…浸液



£

